

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GEMİLERDE ORTAYA ÇIKAN YEREL
TİTREŞİM PROBLEMLERİNİN
DENEYSEL ANALİZİ

Şafak DURAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

GEBZE

2009

**T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GEMİLERDE ORTAYA ÇIKAN YEREL
TİTREŞİM PROBLEMLERİNİN
DENEYSEL ANALİZİ**

**Şafak DURAK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Fehmi ERZİNCANLI**

GEBZE

2009

 GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ	MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ JÜRİ ONAY FORMU
--	--

JÜRİ

ÜYE (BAŞKAN) : DOÇ. DR. METİN USTA

ÜYE : DOÇ. DR. FEHMİ ERZİNCANLI

ÜYE : YDR. DOÇ. DR. MEHMET ALİ ARSLAN

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 15/01/2009 tarih ve 2009/02 sayılı kararı ile yukarıdaki öğretim elemanlarından oluşmuş jüri tarafından düzenlenen 05/02/2009 tarihli Tez Savunma Tutanağı neticesinde Yüksek Lisans öğrencisi Şafak DURAK'ın çalışması GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Yönetim Kurulu/...../..... tarih ve/...../..... sayılı kararıyla Makine Mühendiliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak onaylanmıştır.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

TEZİN BAŞLIĞI : GEMİLERDE ORTAYA ÇIKAN YEREL TİTREŞİM
PROBLEMLERİNİN DENEYSEL ANALİZİ
YAZAR ADI : Şafak DURAK

Gemi tasarımındaki son gelişmeler, daha büyük stroklu ve daha güçlü dizel motorların kullanıldığı, daha büyük boyutlarda, daha hafif, daha esnek teknelerin yapılmasına yol açmıştır. Deniz taşımacılığında artan talebi karşılamak için ihtiyaç duyulan bu yapıların daha esnek olması, titreşim problemlerine neden olmaktadır. Bu yüzden, geminin yapısal davranışının belirlenmesi en önemli sorundur ve ön tasarım aşamasında ele alınmalıdır. Genellikle, ampirik formüller yardımıyla bir ön hesaplama ya da sonlu eleman yöntemiyle sayısal çözüm yapılmaktadır.

Son yıllarda, yeni yapılar için titreşim durumunu düzenlemek temel anlaşmalarda bir standart uygulama haline gelmiştir. Bu standartların gözönüne alındığı anlaşmalarda, geminin tüm yapısının, gemi operasyonları sırasında gemiyi oluşturan parçaların, limit titreşim değerlerini aşmaması gerekmektedir. Limit değerlerinin aşılmaması sorumluluğu ve garantisi gemi yapı şirketlerinin üzerindedir. Bu kuruluşların ISO 6954 standartlarında izin verilen değerler üzerine çıkmaması gerekmektedir.

Gemi imalatında sorumlu tersanenin, ön tasarım veya imalat tasarımı sırasınca gerekli analizleri tamamlaması veya bağımsız bir danışman vasıtasıyla gemi yapısının gerekli analizlerini denetlemesi gerekmektedir. Teorik soruşturmanın kapsamına dikkatle bakarak, limit değerlerinin karşılandığına emin olunmalıdır.

Bu çalışmada, gemi üzerinde oluşan yerel titreşimlerin deneysel olarak ölçümleri yapılmış, bu sayede bu titreşimlerin yalıtımı konusu üzerinde bir ön çalışma niteliğinde çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Gemi, gemilerde titreşim, gemilerde yapısal titreşim, titreşim analizi.

SUMMARY

SUBJECT : EXPERIMENTAL ANALYSIS OF LOCAL VIBRATION PROBLEMS ON SHIP'S STRUCTURE.

AUTHOR : Şafak DURAK

Final improvements on ship design has given rise to be manufactured hulls in which more powerful diesel engines with higher strokes are used and which are larger in dimensions, less heavy in weight and more elastic. The elasticity of the structures needed in order to meet the demand in maritime transport caused vibration problems. Therefore, it is the most important problem to determine the structural behaviour of the ship and this must be handled in pre-design phase. In general, a pre-computing process with empirical formulas or a numerical analysis using finite element method is applied.

In recent years, it has become standard practice to regulate vibration aspects for a new building on a contractual basis. In the new building contract, limit values that must not be exceeded during operation of the ship are defined as being part of the specification. The shipyard thus bears the responsibility for ensuring that limits agreed on with the shipping company are not exceeded or - if they are – for taking action with the aim of reducing the vibration level to the permissible value in ISO 6954.

At the preliminary design stage or during the structural design phase, the shipyard will carry out adequate analyses or will have them performed by an independent consultant. Amongst other things, the scope of theoretical investigations regarded as necessary in a given case, to be sure the agreed limit values.

In this study, vibrations on ship's structure were measured by experimental. Thanks to this, worked and had an advance information about vibrations on ship's structure for isolation.

Keywords : Ship, vibration on the ship, vibration analysis, local vibration.

TEŞEKKÜR

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Tasarım ve İmalat Mühendisliği yüksek lisans programında değerli bilgilerini bizlerle paylaşan bölüm öğretim üyelerine, tez konusunu araştırmamda değerli fikir ve tecrübeleri ile beni yönlendiren Tez Danışmanım Sayın Doç. Dr. Fehmi ERZİNCANLI'ya teşekkür ederim. Titreşim ölçümleri aşamasında bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan I.T.Ü Makina Mühendisliği Bölümü Mukavemet Kürsüsü Öğretim Görevlisi Sayın Dr. Adil YÜCEL'e teşekkür ederim. Bilgisini ve deneyimini paylaşmaktan sakınmayan değerli abim Marmara Üniversitesi Müzik Bölümü Öğretim Görevlisi Sayın Doç. Dr. Mustafa USLU'ya teşekkür ederim. İzocam A.Ş.'ye sağladıkları olanaklardan dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmam esnasında bana verdikleri manevi destekten dolayı sevgili eşim Betül, Annem, Babam, Şenol abim, İpek, Dilek, Merve, Elçin ve Kıvanç'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2.GEMİ TÜRLERİ	3
2.1 Yolcu Gemileri	3
2.2 Yük Gemileri	4
2.2.1 Tankerler ve Süpertankerler	5
2.2.2 RO-RO ve Konteyner Gemileri	6
2.2.3 Römorkörler	6
2.2.4 Balıkçı Tekneleri	7
2.3 Savaş Gemileri	8
2.4 Yeni Teknolojili Su Araçları	9
2.4.1 Hovercraft	9
2.4.2 Hidrofoyl	10
3. TİTREŞİM	11
3.1 Titreşim Türleri	12
3.1.1 Serbest Titreşim	12
3.1.1.1 Sönümsüz Serbest Titreşim	12
3.1.1.2 Sönümlü Serbest Titreşim	13
3.1.2 Zorlanmış Titreşim	14
3.1.3 Lineer ve Nonlineer Titreşim	15
3.1.4 Periyodik ve Rastgele Titreşim	15
3.2 Titreşimlerin Ölçülmesi	16

3.3 Ses Ve Gürültü	20
3.3.1 Ses	20
3.3.2 Gürültü	24
3.3.2.1 Çalışma Alanlarında Gürültü Çözümleri	25
3.4 İzocam Gebze XPS Tesisi Gürültü Seviyesi Azaltma Çalışması	31
3.4.1 Tesis Gürültü Haritasının Oluşturulması	31
3.4.2 İyileştirme Noktalarının Tespiti	32
3.4.3 Yapılan İyileştirmeler	32
3.4.3.1 Hammadde Besleme Bölgesi	32
3.4.3.2 Redüktörü Taşyünü İle Perdeleme	33
3.4.3.3 Blowerlar Dışarı Çıkartıldı	33
3.4.3.4 Sonuç ve harita karşılaştırması	34
4. GEMİLERDE TİTREŞİM	35
4.1 Titreşimin İnsan Vücuduna Etkisi	35
4.2 Yapısal Titreşim	37
4.3 Makina Ve Ekipman Titreşimleri	39
4.4 Doğal Frekansın Hesaplanması	39
5. GEMİDE YAPILAN TİTREŞİM ÖLÇÜMÜ	41
5.1 Geminin Özellikleri	43
5.2 Makina Özellikleri	44
5.3 Ölçülendirme Koşulları	45
5.4 Makina Dairesi Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları	46
5.5 Makina Dairesi Güverte Platformu Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları	51
5.6 Ana Güverte Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları	55
5.7 Kış Güverte Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları	58
5.8 Bot Güvertesi Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları	62
5.9 Tayfa Güvertesi Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları	66
5.10 1 Nolu Subay Güvertesi Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları	70
5.11 2 Nolu Subay Güvertesi Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları	74
5.12 Kaptan Güvertesi Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları	78
5.13 Kaptan Köşkü Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları	82

5.14 Gemide Yerel Bir Bölgede Yapılan Yapısal Titreşim Ölçümünün Değerlendirilmesi	86
6. SONUÇ	90
6.1 Öneriler	90
KAYNAKLAR	92
ÖZGEÇMİŞ	94

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
m	Kütle (kg.)
k	Yay sabiti (N / m)
c	Sönüm sabiti (Ns / m)
ζ	Sönüm oranı
F	Yük (N)
Δx	Statik yer değiştirme (mm)
dB	Desibel
Hz	Hertz

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
2.1. Dünyanın en büyük yolcu gemisi Queen Mary2	4
2.2. Queen Mary2 yolcu gazinosu	4
2.3. Queen Mary2 ana salonu	4
2.4. Süpertanker	5
2.5. Konteyner gemisi	6
2.6. Çarpışmış iki gemiyi kurtaran römorkörler	7
2.7. Balıkçı gemisi	7
2.8. Savaş gemisi	9
2.9. Uçak gemisi	9
2.10 Hovercraft	10
2.11 Kayakları su yüzeyinin altında olan hidrofoyl	10
2.12 Yüzeye dik kayaklı hidrofoyl	10
3.1 Serbest titreşim	12
3.2 Sönümsüz serbest titreşim	13
3.3 Sönümlü serbest titreşim	13
3.4 Sönüm oranı 0,1 olan salınım grafiği	14
3.5 Sönüm oranı 0,3 olan salınım grafiği	14
3.6 Lineer titreşim	15
3.7 Nonlineer titreşim	15
3.8 Periyodik titreşim	16
3.9 Rastlantısal titreşim	16
3.10 Bir titreşimin genlik-zaman grafiği	16
3.11 Bir titreşimin genlik-zaman grafiği	16
3.12 İki bileşenli titreşimin genlik-frekans grafiği	17
3.13 Gövde sacına ait titreşimin grafiği	18
3.14 Rulman yataklarına ait titreşimin grafiği	18
3.15 Makinanın titreşiminin grafiği	18

3.16	Mil yataklarından alınan titreşimin ölçümü	20
3.17	Sesin yayılımı	21
3.18	İnsan kulağının duyma aralığı	22
3.19	Çeşitli canlıların duyma frekansları	23
3.20	Rezonans grafiği	24
3.21	Günlük hayatta gürültü	25
3.22	Gürültüye doğrudan maruz	27
3.23	Gürültü kaynağıyla çalışan arasına konulan pano	27
3.24	Tavana ve duvara ses yutucu uygulama	28
3.25	Tavan yalıtımı ve yalıtımlı pano uygulama	29
3.26	Gürültü kaynağını ses yutucu kabin içine alma	29
3.27	Çalışanı ses yutucu kabin içine alma	30
3.28	Menfezlerde kullanılan susturucular	30
3.29	Ses yutucu duvar	30
3.30	Başlangıç tesis gürültü haritası	31
3.31	Dozimetre ölçümü	32
3.32	Flex ve taşıyünü kaplanmış hortum ve borular	33
3.33	Taşıyünü ile perdeleme	33
3.34	Dışarıya alınan blower	34
3.35	Haritaların karşılaştırılması	34
4.1	İnsan vücudu kütle-yay mekanizması	36
4.2	Hız-frekans-deplasman-ivme grafiği	38
4.3	Sınıflandırılmış alanlarda olması gereken en büyük titreşim grafiği	39
5.1	Üç eksenli ivme ölçer	42
5.2	Sinyal yükseltici	42
5.3	Makina dairesi 1 ve 2 nolu ölçüm noktaları	46
5.4	Makina dairesi dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (1 nolu nokta)	47
5.5	Makina dairesi yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (1 nolu nokta)	47
5.6	Makina dairesi transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (1 nolu nokta)	48
5.7	Makina dairesi dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (2 nolu nokta)	49
5.8	Makina dairesi yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (2 nolu nokta)	49
5.9	Makina dairesi transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (2 nolu nokta)	50
5.10	Makina dairesi güverte platformu 3 ve 4 nolu ölçüm noktaları	51
5.11	Makina dairesi güverte platformu dikey titreşim hızı ölçüm değerleri	52

5.12	Makina dairesi güverte platformu yatay titreşim hızı ölçüm değerleri	52
5.13	Makina dairesi güverte platformu transfer titreşim hızı ölçüm değerleri	53
5.14	Makina kontrol odası dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (4 nolu nokta)	53
5.15	Makina kontrol odası yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (4 nolu nokta)	54
5.16	Makina kontrol odası transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (4 nolu nokta)	54
5.17	Ana güverte 5 nolu ölçüm noktası	55
5.18	Ana güverte, koridor dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (5 nolu nokta)	56
5.19	Ana güverte, koridor yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (5 nolu nokta)	56
5.20	Ana güverte, koridor transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (5 nolu nokta)	57
5.21	K1ç güverte 6 ve 7 nolu ölçüm noktaları	58
5.22	K1ç güverte dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (6 nolu nokta)	59
5.23	K1ç güverte yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (6 nolu nokta)	59
5.24	K1ç güverte transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (6 nolu nokta)	60
5.25	K1ç güverte, koridor dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (7 nolu nokta)	60
5.26	K1ç güverte, koridor dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (7 nolu nokta)	61
5.27	K1ç güverte, koridor dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (7 nolu nokta)	61
5.28	Bot güvertesi 8 ve 9 nolu ölçüm noktaları	62
5.29	Bot güvertesi dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (8 nolu nokta)	63
5.30	Bot güvertesi yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (8 nolu nokta)	63
5.31	Bot güvertesi transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (8 nolu nokta)	64
5.32	Bot güvertesi, koridor dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (9 nolu nokta)	64
5.33	Bot güvertesi, koridor yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (9 nolu nokta)	65
5.34	Bot güvertesi, koridor transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (9 nolu nokta)	65
5.35	Tayfa güvertesi 10 ve 11 nolu ölçüm noktaları	66
5.36	Tayfa güvertesi dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (10 nolu nokta)	67
5.37	Tayfa güvertesi yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (10 nolu nokta)	67
5.38	Tayfa güvertesi transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (10 nolu nokta)	68
5.39	Tayfa güvertesi, koridor dikey titreşim hızı ölçüm değerleri	68
5.40	Tayfa güvertesi, koridor yatay titreşim hızı ölçüm değerleri	69
5.41	Tayfa güvertesi, koridor transfer titreşim hızı ölçüm değerleri	69
5.42	1 nolu subay güvertesi 12 ve 13 nolu ölçüm noktaları	70
5.43	1 nolu subay güvertesi dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (12 nolu nokta)	71
5.44	1 nolu subay güvertesi yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (12 nolu nokta)	71
5.45	1 nolu subay güvertesi transfer titreşim hızı ölçüm değerleri	72

5.46	1 nolu subay güvertesi, koridor dikey titreşim hızı ölçüm değerleri	72
5.47	1 nolu subay güvertesi, koridor yatay titreşim hızı ölçüm değerleri	73
5.48	1 nolu subay güvertesi, koridor transfer titreşim hızı ölçüm değerleri	73
5.49	2 nolu subay güvertesi 14 ve 15 nolu ölçüm noktaları	74
5.50	2 nolu subay güvertesi dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (14 nolu nokta)	75
5.51	2 nolu subay güvertesi yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (14 nolu nokta)	75
5.52	2 nolu subay güvertesi transfer titreşim hızı ölçüm değerleri	76
5.53	2 nolu subay güvertesi, koridor dikey titreşim hızı ölçüm değerleri	76
5.54	2 nolu subay güvertesi, koridor yatay titreşim hızı ölçüm değerleri	77
5.55	2 nolu subay güvertesi, koridor transfer titreşim hızı ölçüm değerleri	77
5.56	Kaptan güvertesi 16 ve 17 nolu ölçüm noktaları	78
5.57	Kaptan güvertesi dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (16 nolu nokta)	79
5.58	Kaptan güvertesi yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (16 nolu nokta)	79
5.59	Kaptan güvertesi transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (16 nolu nokta)	80
5.60	Kaptan güvertesi, koridor dikey titreşim hızı ölçüm değerleri	80
5.61	Kaptan güvertesi, koridor yatay titreşim hızı ölçüm değerleri	81
5.62	Kaptan güvertesi, koridor transfer titreşim hızı ölçüm değerleri	81
5.63	Kaptan köşkü 18 ve 19 nolu ölçüm noktaları	82
5.64	Kaptan köşkü sancak tarafı dikey titreşim hızı ölçüm değerleri	83
5.65	Kaptan köşkü sancak tarafı yatay titreşim hızı ölçüm değerleri	83
5.66	Kaptan köşkü sancak tarafı transfer titreşim hızı ölçüm değerleri	84
5.67	Kaptan köşkü iskele tarafı dikey titreşim hızı ölçüm değerleri	84
5.68	Kaptan köşkü iskele tarafı yatay titreşim hızı ölçüm değerleri	85
5.69	Kaptan köşkü iskele tarafı transfer titreşim hızı ölçüm değerleri	85
5.70	ISO 6954 kabul edilebilir titreşim seviyeleri, en yüksek tepe değeri olarak açıklanmış değer grafiği	86
5.71	Elde edilen sonuç değerleri	88

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
4.1. Alanların titreşim değerlerine göre sınıflandırılması	36
4.2. Yolcu mahallerindeki gürültü ve titreşim değerleri sınıflandırılması	37
5.1. Ölçüm yapılan geminin özellikleri	43
5.2. Tahrik makinası özellikleri	44
5.3. Yardımcı makina özellikleri	44
5.4. Ölçülendirme koşulları	45
5.5. Frekansların sınıflandırılması	86
5.6. Frekansların sınıflarına göre en yüksek tepe noktaları	87
5.7. Ölçüm noktaları sonuçları	89

1. GİRİŞ

Hayat suda başladığı gibi insanoğlunun gelişimi de bir anlamda su sayesinde gerçekleşmiştir. İlkel çağlarda şişirilmiş keçi postları, kütük parçaları, geniş ağızlı küpler ile başlayan su üstünde kalma çabaları, sallar, kayıklar, kürekli ve yelkenli gemilere kadar şekillenmiştir. [Grolier, 2008]

Tarihte ilk gemiler büyük kayıklardan başka şeyler değildi. Bunların tarihi o kadar eskiye dayanır ki tarihçiler bu kayıkların ilkin ne zaman, nerede ve nasıl ortaya çıktığını tam olarak saptayamamışlardır. İnsanlar ellerindeki doğal malzemeye göre son derece değişik nitelikte kayıklar yapmışlardır. Ormanlık yerlerde ağaç kütükleri birleştirilmiş, bu yolla sal yapılmış ya da kütüklerin içleri oyularak oyma kayıklar elde edilmiştir. Ağaçların olmadığı yerlerde bambular ya da eskimoların yaptığı gibi üzerine deriden yapılmış tulumlar kullanılmıştır. Bu ilk kayıklar dış etkilere çok açıktı ve akıntıların yönüne göre ilerleyebiliyordu. Sonraları basit dallar yardımıyla kayıklara yön vermenin yolu bulundu. Bu dalların yerini zamanla sırk, elde kullanılan kürek ve geminin bordalarına dayanarak çekilen kürekler almıştır.

Rüzgarın bir kuvvet olduğunu ve hareket gücü olarak kullanılabileceği anlaşıldıktan sonra, bu gücü gemilerde kullanılır kılmak için insanoğlu yelkeni keşfetti. Bilimde gelişen insanoğlu, yelken ile denizleri dolayısıyla dünyayı keşfetmeye başladı. Avrupa'dan yola çıkıp Ümit Burnu'nu dolaşarak Uzakdoğu'ya ve Atlas Okyanusu'nu aşarak batıda Yeni Dünya'ya ulaşan bütün deniz yollarının açılmasıyla birlikte, deniz yoluyla yapılan ticarete de büyük bir artış oldu. Hacmi artan malların taşınması için daha büyük ticaret gemileri gerekiyordu.

17. yy da bütün bu gemiler, başka ülkelerin savaş gemilerine ve korsanlara karşı korunmak için 24'lük ve 32'lik borda toplarıyla silahlandırılmıştı. Ayrıca çoğu yolcuların konforu için lüks kamaralar içeriyorlardı.

19. yüzyıl'ın ikinci yarısından sonra benimsenen karşılıklı hareket eden buharlı makine, silindirleri dikey olarak piston kollarının ve krankların üstüne yerleştirilen üçlü ya da dörtlü bir genişleme motoruydu. Yeni geliştirilen kazan çeşitleri de çok daha yüksek basınçlarda buhar üretecek yetenekteydi [İlin, 1974].

Günümüzde ticaret gemilerinin büyük çoğunluğunda ana makine olarak dizel motorları kullanılır. Dizel motorlarında yakıttaki enerji yanma sonucu mekanik enerjiye çevrilir. Pulverize edilmiş yakıtın hava ile karışımı sıkıştırılarak ateşlenir ve ateşleme sonucu genişleme, piston, piston kolu ve biyel vasıtasıyla krank şaftına iletilir ve böylece mekanik enerji krank şaftının dönmesiyle elde edilir[Giray, 2008].

Günümüzde her alanda inanılmaz hızla gelişmekte olan teknoloji, beraberinde insanlara modern ve rahat yaşam koşulları sunmaktadır. Artan nüfus nedeni ile bu yaşam koşullarının devam ettirilmesi amacı ile yeni ve daha konforlu ulaşım yöntemlerinin bulunması ya da mevcut yöntemler üzerinde düzeltmelere, iyileştirme ve geliştirmeye gidilerek daha konforlu, daha ucuz bir ulaşım olanağının sağlanmasının gerekliliği kaçınılmaz olmuştur. Bu yapılaşmanın önemli unsurlarından bir tanesi de gerek ulaşım, gerekse taşımacılıkta geçmişten günümüze kadar gelişerek gelmiş gemiciliktir.

Gittikçe artan rekabet koşulları gemi yapım şirketlerini etkileyerek düşük maliyetli gemi yapımının önemini arttırmıştır. Bu da beraberinde titreşim kaynaklı bir çok probleme sebebiyet vermiştir. Titreşimden korunmada tasarım önlemleriyle titreşim oluşumunu azaltmak veya tamamen yok etmek, yalıtım yoluyla titreşimin yayılmasını engellemek, titreşimin yoğun olduğu yerlerde titreşim kaynaklarının yalıtılması yoluyla çalışanları, yolculuk eden insanları ve geminin yapısal bütünlüğünü korumak tasarımcıların hedefleri haline gelmiştir.

2. GEMİ TÜRLERİ

Geminin tanımı ile ilgili olarak iki farklı ifade kullanabilir. Bunlardan birincisi teknik olarak gemi; suda, yükü, yolcuyu ve personeli mümkün olduğu kadar emniyetli, hızlı ve ekonomik olarak taşımak amacıyla yapılmış yüzen vasıtaadır.

İkinci olarak yasal bir tanımlama yapılırsa gemi; kürekten başka aletle yola çıkabilen , adı, tonajı ve işlevi ne olursa olsun her türlü deniz aracıdır [Grolier, 2008].

2.1 Yolcu Gemileri

Gemilerde yolcu taşıma ve ticaret, gemilerin ilk var oluş sebeplerindendir. Teknolojinin gelişimiyle gemilerde yolcular için var olan konfor şartları da giderek artmıştır ve 20. yüzyıl'ın ilk yarısında büyük yolcu gemileri okyanuslara egemen olmuşlardır. İngiltere, okyanus seferlerinin çoğunu uzun süre denetimi altında tutmuş ama yüzyılın ikinci çeyreğinde Fransız, İtalyan ve ABD denizyolları, çok daha süratli ve daha lüks gemilerle rekabete başladılar. Bu dönemler gemi taşımacılığının altın yılları olarak geçmekteyse de gerek yaşanan meşhur Titanic faciası ve gerekse İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra hava yolculuğunun gelişerek SS *United States* in 1952'de okyanusu 3 gün, 10 saat 40 dakikada aşmasıyla, yolcu gemilerinin saltanatına son verilmiştir.

Yirmi yıl içinde büyük yolcu gemilerinin çoğu hizmet dışı kalmışlardı. Geriye kalanlar da ya gezinti gemisi olarak kullanıldı ya da Şekil 2.1'de gösterilen Kaliforniya Long Beach'teki Quenn Mary2 transatlantiği gibi yüzer müze olarak havuza çekildi [İlin, 1974].



Şekil 2.1 Dünyanın en büyük yolcu gemisi Quenn Mary2 [İlin, 1974]



Şekil 2.2 Quenn Mary2 yolcu gazinosu [İlin, 1974].



Şekil 2.3 Quenn Mary2 ana salonu [İlin, 1974].

2.2 Yük Gemileri

Pusulanın da bulunmasıyla denizcilikte hızlı bir ilerleme yaşandı. Akdeniz’de ticaret başladı ve yeni kıtaların bulunmasıyla gemi taşımacılığı büyük önem kazandı.

Sanayi devrimiyle buhar gücünün bulunmasına kadar, yelkenli gemiler hem ticaret amacıyla hem de savaşmak amacıyla uzun yıllar kullanıldılar. Daha sonraki yıllarda bu görevi buharlı gemiler, dizel motorlu gemiler, türbinli ve nükleer raktörlü dev tonajlı yük gemileri üstlendi [Giray, 2008].

2.2.1 Tankerler ve Süpertankerler

Tanker, okyanuslarda işleyen, genellikle sıvı olmak üzere büyük yükler taşıyan bir deniz aracıdır. İlk olarak 1885'te ortaya çıkmıştır. Taşıdığı başlıca yük, petrol, tahıl ve maden filizidir. Şekil 2.4' te buna bir örnek gösterilmiştir.

Küçük tankerler yakın mesafelerde ve nehirlerde kullanılır. Büyük tankerlerse okyanus aşırı ülkeler arasında kullanılır. Uzak mesafelerde ekonomik bir nakliyat vasıtası olduğundan tankerlerin büyüklüğü gittikçe arttı. Bir tanker ne kadar büyük olursa taşıma masrafları da o kadar az olur. Çünkü motor gücü ve tayfa ihtiyacı tankerin petrol taşıma kapasitesi kadar aynı oranda artmaz.

Tankerlerin dünyaca bilinen büyük tiplerinin her birinin 312.000 ton kapasiteleri vardır. Bunların ilki *Universe Ireland* isimli, 1968'de Japonya'da bir Amerikan şirketi için yapılan tankerdir. Uzunluğu 345 m olup, eni 53 m'dir. Su altı derinliği ise 24 m'dir. Seyir hızı saatte 27 km'dir. Toplam tayfa sayısı 51 kişidir.



Şekil 2.4 Süpertanker [Giray, 2008]

Süpertanker denilen ve 24.900 dwt'lik dev gemiler ilk olarak 1949'da yapılmıştır. Süveyş Kanalı'nın 1956'da ve 1967'de kapatılması, Ortadoğu petrolerini Avrupa'ya ulaştıran en kısa yolu engellediğinden, Ümit Burnu'nun çevresinden dolaşmak zorunda kalınmış, büyük tankerlere duyulan gereksinimlerden ilk yararlananlar Japon tersaneleri olmuştur. Japon tersaneleri, önce 100.000 ton'luk, daha sonra da 250.000 - 275.000 ton'luk ve çok büyük ham petrol taşıyıcısı (Ultra-

Large Crude Carriers, ULCC) supertankerler yapmak için yeniden yapılandırılmışlardır. Bu dev gemilerin ekonomik başarısı ve oldukça güvenli çalışma yöntemleri, daha da büyük gemilerin yapımına yol açmıştır. Petrol taşıma kapasitesi 400.000 ton'u bulan ham petrol taşıyıcıları günümüzde mevcut olup, üstelik büyüklükleri bunun iki katını bulacak tankerlerin yapımı için çalışmalar da sürdürülmektedir [İnanoğulları, 2008].

2.2.2 RO-RO ve Konteyner Gemileri

Özel ambalajlı yüklerin her iki ucundaki açıklıklardan gemiye alındıktan sonra rampalar aracılığıyla baştan kıça uzanan bölmelere yerleştirildiği yük gemilerine "ro-ro" (ya da makaralı ve tekerlekli gemi), standart ambalajlı yüklerin özel yükleme sistemleriyle güverteye çekildiği ve güvertedeki bölmelere yerleştirildiği yük gemilerineyse de konteyner gemisi denilmektedir. Bu tür gemiler genellikle taşıt araçlarını ve gemiye tekerlekli yatak üstünde kaydırılan her çeşit ambalajlı yükü taşımak için kullanılmaktadır [İlin, 1974]. Şekil 2.5'te konteyner gemisine bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Konteyner Gemisi [Giray, 2008]

2.2.3 Römorkörler

Özel amaçlı ticaret tekneleri arasında römorkörleri de saymak gerekir. Römorkörlerin, boylarına göre çok güçlü makineleri vardır. Denizlerde gördükleri işler farklıdır. Açık denizlere çıkmaya elverişli büyük römorkörler uzun yolda yük mavnalarını çekmeye yararken, bir bölümü de derin sularda kurtarma etkinliklerine

katılırlar. Küçük römorkörlerse, büyük gemilerin rıhtıma yanaşmasına yardımcı olurlar ve limanda yüklü mavnalı dizilerini çekerler [İlin, 1974]. Şekil 2.6’ da römorköre bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 2.6 Çarpışmış iki gemiyi kurtaran römorkörler [Grolier, 2008]

2.2.4 Balıkçı Tekneleri

Balıkçı tekneleri denizlerin niteliğine, avlanacak balıkların cinsine ve gerekli yolculuğun uzunluğuna göre bazı türlere ayrılırlar. En büyükleri olan donduruculu fabrika gemileri, avlanmış balıkları bir yandan da işlerler. Bazı Rus balina gemilerinde, büyük bir tankerin depolama kolaylıkları ile daha küçük bir balina avlayıcı filosu için ambar gemisi olarak görev yapma yeteneği birleştirilmiştir. Hatta bazıları balina bulmakta kullanılan bir deniz uçağı taşırlar [İlin, 1974]. Şekil 2.7’ de bir balıkçı gemisi gösterilmiştir.



Şekil 2.7 Balıkçı gemisi [Grolier, 2008]

2.3 Savaş Gemileri

Suyolunun avantajları uzun zamandan beri bilinmekteydi. Ticaret trafiğinin gerektirdiği, tarifelere göre düzenli işleyişe en iyi su yolu karşılık verebiliyordu. Üstelik itici güç burada, karayollarından daha yüksek verim sağlıyordu. Tonlarca yükün dağları ve vadileri aşmasından çok daha kolaydı. Ancak bu ticaret gemilerinin güvenliği problem olmaktaydı, bu yüzden ticaret gemilerinin güvenliğini sağlamak maksatlı silahlı gemiler bu büyük tonajlı ticaret gemilerine refakat etmekte ve güvenliğini sağlamaktaydılar. Ticaret ve ticaret yolları, sahip oldukları ülkelere tarih boyunca her zaman stratejik önem kazandırmaktaydı, bunu tüm ülkeler bilmekte ve bu yollara sahip olmak istemectediler.

Savaş gemisi, savaşlarda kullanılmak üzere askeri amaçlarla üretilmiş silah taşıyabilen zırhlı gemidir. Genellikle hızlı ve yüksek manevra kabiliyetine sahip olan savaş gemileri, her ülkenin deniz kuvvetleri komutanlığına bağlı olarak faaliyet göstermektedir.

17. ve 18. yüzyıllar'ın karavela türü yelkenli gemileri, 19. yüzyıl'da tahta gövdelerin yerini önce demir, daha sonra da çelik gövdeler alıncaya kadar, gemi yapım sanatının en başarılı örnekleri oldular. Bu gemiler üzerine çok büyük çaplı toplar yerleştirilerek devasa büyüklükte yüzer kaleler oluşturuldu. Türk tarihi bu büyüklükteki gemilerle Çanakkale Savaşı'nda karşı karşıya geldi. Teknoloji ilerledikçe bu gemilere eklemeler yapıldı ve büyütüldü, öyle ki bu gemiler üzerlerinde uçakların iniş-kalkış yapabildiği pistlere bile sahip oldular. Şekil 2.8'de bir savaş gemisi, Şekil 2.9'da ise bir uçak gemisi gösterilmiştir.



Şekil 2.8 Savaş gemisi [İnanoğulları, 2008]



Şekil 2.9 Uçak gemisi [Buyan, 2008]

2.4 Yeni Teknolojili Su Araçları

2.4.1 Hovercraft

Ulaşım teknolojisindeki en ilginç tasarımlardan biri olan hovercraft, geleceğin aracı olmaya adaydır. Hareket ettiği zeminin üstünde süzülerek uçan bu sıra dışı makina, hem karada hem denizde yol alabilmesi nedeniyle hiçbir coğrafi sınır tanımadan dünyanın en uçra köşelerine ulaşabilme becerisine sahiptir. Şekil 2.10'da bir hovercraft gösterilmiştir.

Hovercraft'ın çalışma prensibi, aracın bir hava yastığı üzerinde ilerlemesidir. Normal hava basıncından daha yüksek basınçlı hava, motorlar tarafından tabana doğru püskürtülür ve aracın yerle temasının kesilmesi sağlanır. Böylelikle araç yerin biraz üstünde hareket eder. Dikey hareketin yanında, aracın ileriye olan hareketi, zemine dik olacak şekilde yerleştirilmiş pervaneli motorlar tarafından sağlanmaktadır. Manevra kabiliyeti ise yine bu motorlarının kendi eksenini etrafında döndürülmesi ve aracın arka tarafında bulunan kanatlar ile sağlanmaktadır. Alt bölüm, etek adı verilen esnek bir materyal ile çevrilmiştir, bu sayede hava yastığı bir noktada tutulur ve hava kaçıışı kısıtlanır.

1960'ların başında hızlı hovercraftlardan denizlerde, çöllerde ya da buzlarla kaplı bölgelerde yararlanılabileceği düşünülmüştür. Fakat kısa sürede sorunların farkına varılmış; tuzlu suyun etkisiyle sık bozulan parçalar ve manevra güçlükleri, bu aracın tam olarak bekleneni vermemesine sebep olmuştur. Fakat teknolojiye

gelişmeler sayesinde bu tasarımın daha da geliştirileceğine kesin gözüyle bakılmaktadır. Zaaflarından arındırılıp, iyi olduğu konularda geliştirilmesi halinde hovercraftların ulaşımında eşsiz bir yer edineceği şimdiden söylenebilir [Tok, 2001].



Şekil 2.10 Hovercraft [Tok, 2001]

2.4.2 Hidrofoyl

Hidrofoylla ilgili ilk çalışmalar, 20. yüzyıl'ın başlarında yapılmış olmakla birlikte, ilk hidrofoyl ancak 1956'da, Sicilya ile İtalya arasında hizmete girmiştir. Hidrofoylların ayrıca iki çeşidi geliştirilmiştir. Bunların birinde, belirli bir hızla erişildiğinde, tekne, suyun altında kalan gömülü kayakları tarafından su üstüne yükseltilerek, sürtünme düzeyi en aza indirilir; öbüründe, kayaklar yüzeye dikey olarak yükselir. Birinci tür daha dengelidir; ama ikincisi daha hızlı yol alabilir. Şekil 2.11 ve Şekil 2.12' de hidrofoyllar gösterilmiştir.

Hidrofoyllar arkaya, aşağı doğru meyil alan bir şafta bağlı su pervanesiyle çalışır, normalde 50 mil hız yaparlar [Buyan, 2008].



Şekil 2.11 Kayakları su yüzeyinin altı [Buyan, 2008].



Şekil 2.12 Yüzeye dik kayaklı hidrofoyl [Buyan, 2008].

3. TİTREŞİM

Titreşim, mekanik bir sistemin hareketini tanımlayan parametreye ait büyüklüğün salınımı olarak tanımlanabilir. Salınım ise hareketi tanımlayan parametrenin belirli bir referans konum denge konumu etrafında çoğu kez, zamana göre dalgalanması demektir. Değişken parametrenin değeri referans konumun üzerinde ve altında kalacak şekilde değişir. Daha basit bir tanımla, titreşim bir denge noktası etrafındaki mekanik salınımdır. Bu salınımlar bir sarkaçın hareketi gibi periyodik olabileceği gibi çakıllı bir yolda tekerleğin hareketi gibi rastgele de olabilir [Belek, 2007].

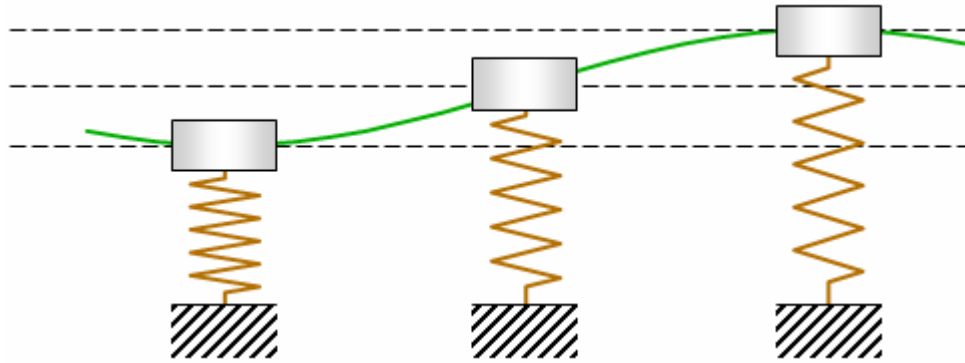
Günlük hayatın her evresinde titreşimle karşılaşmak, ona maruz kalmak kaçınılmazdır. Bunların bazıları günlük yaşamımızda, hoş gelen, olmasını istenilen, yararlı olan titreşimler olsa da, bazı durumlarda, rahatsız edici, hoş gitmeyen titreşimlerle de karşılaşılmaktadır. Titreşimli masaj aletleriyle vücudu titreşime maruz bırakmak, müzik dinlemek çeşidine göre hoş gitse de sokaktan geçen yüksek tonajlı bir kamyonun yarattığı titreşimler hiçte hoş gitmez ve rahatsızlık verir. Çoğunlukla, titreşim istenmeyen bir harekettir, çünkü boşa enerji harcar ve istenmeyen ses ve gürültü oluşturur. Örneğin, motorların, elektrik motorlarının ya da herhangi bir mekanik aracın çalışması esnasındaki hareketi istenmeyen titreşimler üretir. Böyle titreşimler motorlardaki dönen parçaların balanssızlığından, düzensiz sürtünmeden, dişli çarkların hareketinden kaynaklanabilir. Dikkatli tasarımlar genellikle istenmeyen titreşimleri minimize ederler.

Ses ve titreşim çalışmaları birbirleriyle oldukça yakın ilişkilidir. Ses, basınç dalgaları, ses telleri gibi yapıları titreştirerek oluşturulur ve basınç dalgaları da kulak zarı gibi yapıların titreşimine sebep olur. Bu yüzden, gürültüyü azaltmaya çalışmak sıklıkla bir titreşimi azaltma problemidir.

3.1 Titreşim Türleri

3.1.1 Serbest Titreşim

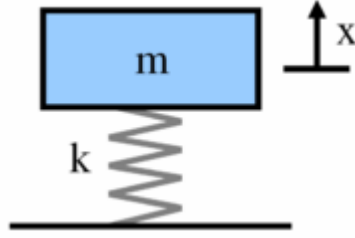
sonra serbestçe salınmaya bırakılan sistemlerde meydana gelen titreşim türüdür. Bir çocuğu salıncakta sallanırken ardından itirmek ve daha sonra serbest bırakmak veya bir akort çatalına vurmak ve daha sonra salınmaya bırakmak bu titreşim türünün örnekleridir. Mekanik sistem daha sonra kendi frekansı veya frekanslarında titreşecek ve sifıra gidecektir. Şekil 3.1’de serbest titreşim salınımı gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Serbest titreşim [Odabaşı, 2008]

3.1.1.1 Sönümsüz Serbest Titreşim

Titreşim boyunca sistemde sürtünme yada diğer sebepler ile bir enerji kaybı olmuyorsa böyle titreşimlere ‘sönümsüz titreşimler’ denir. En basit titreşim sistemi kütle-yay sistemidir. Kütle-yay sistemini incelemek için, sönümün göz ardı edilebilir ve kütleye hiçbir kuvvetin etkimeidiği varsayılırsa, eğer sistemin kütlesi ve yay sabiti biliniyorsa, sisteme bir ilk hareket verildiğinde hangi frekansta titreyeceği bulunabilir. Şekil 3.2’de sönümsüz serbest titreşimin kütle-yay sistemi gösterilmiştir.

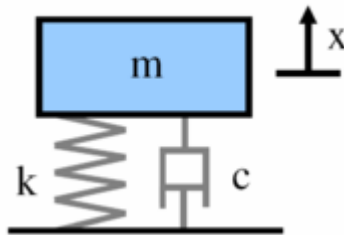


Şekil 3.2 Sönümsüz serbest titreşim [Tahralı, 2000]

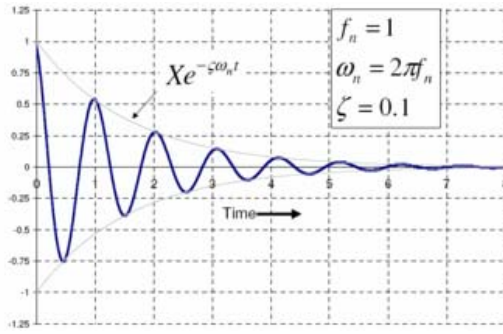
Kütle-yay sistemine bir kuvvet etki ettiğinde sistemin salındığını görürüz, bu salınım (osilasyon) enerjinin korunumundan kaynaklanmaktadır. Bir kütle-yay sisteminde yay “ x ” kadar uzatır ve böylece yayda bir potansiyel enerji depolanır. Serbest bırakıldığında ise yay uzatılmamış durumuna dönmek ister ve bu yüzden kütleyi ivmelendirir. Yayın uzatılmamış ilk haline döndüğü nokta artık depolanmış enerjiye sahip değildir fakat kütle maksimum hızına ulaşmıştır ve bu yüzden tüm enerji kinetik enerjiye dönmüştür. Ardından kütle ivmesini kaybetmeye başlar çünkü şimdi yayı sıkıştırıyor ve kinetik enerjisini potansiyel enerjiye dönüştürüyordur. Kütledeki kinetik enerjinin yaydaki potansiyel enerjiye ve yaydaki potansiyel enerjinin kütledeki kinetik enerjiye dönüşümü salınım sebeptir [Tahralı, 2000].

3.1.1.2 Sönümlü Serbest Titreşim

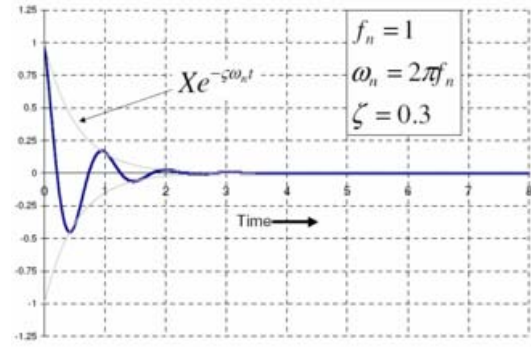
Sönümsüz serbest titreşim gözönünde bulundurulursa burada basit modele göre kütle sonsuza kadar aynı genlikte salınacaktır, gerçek sistemde daima sönüm denen enerjiyi harcayan ve en sonunda sistemin durmasına neden olan etkiler vardır. Titreşim süresince sistemde bir enerji kaybı söz konusu ise böyle titreşimlere “sönümlü titreşim” adı verilir. Şekil 3.3’de sönümlü serbest titreşimin kütle-yay sistemi gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Sönümlü serbest titreşim [Tahralı, 2000]



Şekil 3.4 Sönüm oranı 0,1 olan salınım [Pasin, 2000].



Şekil 3.5 Sönüm oranı 0,3 olan salınım [Pasin, 2000].

Şekil 3.4 ve 3.5’ deki grafiklerde 0.1 ve 0.3 lük sönüm oranlarının zaman geçtikçe sistemin sönümlenmesini nasıl etkilediğini gösterilmiştir. Pratikte sıklıkla yapılan ise bir darbeden sonra (örneğin; bir çekiçle vurduktan sonra) deneysel olarak serbest titreşimi ölçmektir ve bundan sonra salınım oranını ölçerek sistemin doğal frekansı hesaplanır ve düşüş oranı ölçülerek sönüm oranı bulunur. Doğal frekans ve sönüm oranı sadece serbest titreşimde önemli değildir, aynı zamanda sistemin zorlama altındaki titreşiminde nasıl davranacağını da belirlerler [Küçük, 1999, Pasin, 2000].

3.1.2 Zorlanmış Titreşim

Zorlanmış titreşim, değişen bir kuvvet veya hareket bir mekanik sisteme uygulandığında oluşan titreşim türüdür. Balanssızlık dolayısıyla çamaşır makinesinin titreşimi, araç titreşimleri (motordan, yaylardan veya yoldan kaynaklanan) veya deprem sırasında bir binanın titreşimleri bu titreşim türünün örneklerine dahildir. Zorlanmış titreşimde titreşimin frekansı uygulanan zorlamanın veya hareketin frekansına bağlıdır, fakat titreşimin genliği ise sistemin mekanik davranışına bağlıdır.

Eğer rezonans mekanik bir sistemde meydana gelirse çok zararlı olabilir, sistemde nihai bir bozulmaya sebep olabilir. Sonuç olarak titreşim analizinin en önemli sebeplerinden biri rezonansın ne zaman meydana geleceğini tahmin etmek ve gerçekleşmesini önlemek için ne gibi önlemlerin alınacağına karar vermektir. Genlik çizimlerinde görüldüğü gibi, sönüm eklemek titreşimin genliğini önemli derecede

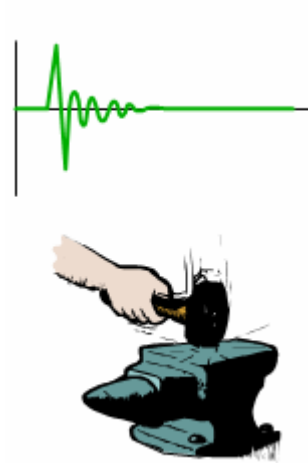
azaltır. Aynı zamanda genlik, sistemin kütlesi veya direngenliği değiştirilerek doğal frekansın zorlama frekansından uzaklaştırılmasıyla da düşürülebilir. Eğer sistem değiştirilemiyorsa, belki zorlama frekansı değiştirilebilir (örneğin kuvvete sebep olan makinenin dönme hızını değiştirerek) [Belek, 2007].

3.1.3 Lineer ve Nonlinear Titreşimler

Eğer bir titreşim sisteminin yay, kütle ve sönüm gibi temel elemanlarının tamamı lineer karaktere sahipse bu sistemin titreşimi lineerdir. Diğer taraftan sistemin herhangi bir elemanı nonlinear bir karaktere sahipse ortaya çıkan titreşim de nonlinear olacaktır. Şekil 3.6’da lineer bir titreşim, Şekil 3.7’de ise nonlinear bir titreşim gösterilmektedir.



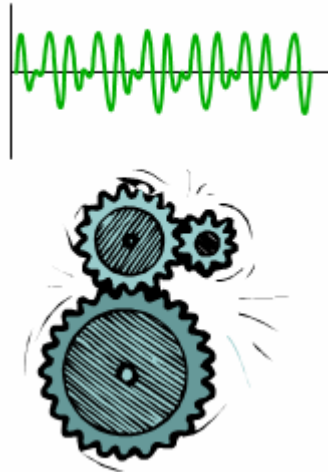
Şekil 3.6 Lineer titreşim
[Belek, 2007].



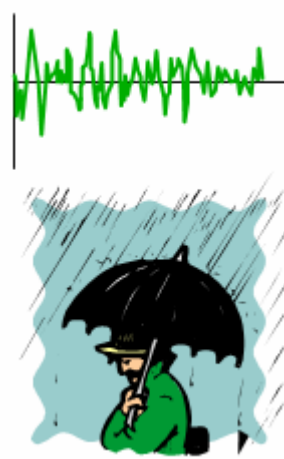
Şekil 3.7 Nonlinear titreşim
[Belek, 2007].

3.1.4 Periyodik Ve Rastlantısal Titreşimler

Bir sisteme etki eden kuvvet verilen her zamanda biliniyorsa bu uyarıcı deterministik olarak adlandırılır, bunun etkisiyle oluşan titreşime de deterministik titreşim denir. Bazı durumlardaysa uyarıcı etki, verilen bir anda tahmin edilemez, uyarıcı rastgele davranır. Böyle bir uyarıcı etkisiyle oluşan titreşimlereyse rastgele titreşimler denir. Şekil 3.8’de periyodik, Şekil3.9’da ise rastlantısal titreşim gösterilmektedir.



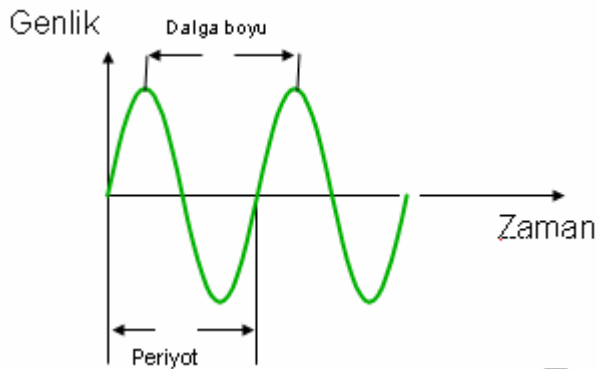
Şekil 3.8 Periyodik titreşim
[Belek, 2007].



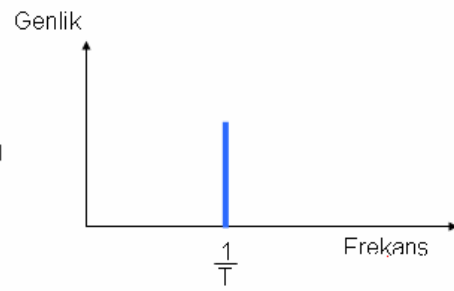
Şekil 3.9 Rastlantısal titreşim
[Belek, 2007].

3.2 Titreşimlerin Ölçülmesi

Bir cisim belirli bir referans noktası etrafında salınım hareketi yapıyorsa, bu salınım hareketini tanımlamak için titreşim terimi kullanılır. Bir saniyedeki salınım (titreşim) sayısına frekans denir ve birimi Hertz'dir. Titreşim yapan bir cisimde, cismin her zerresinin bir titreşimi tamamlaması için geçen zamana ise "periyod" adı verilir. Şekil 3.10'da bir titreşimin grafiği ve grafik üzerinde periyot ve dalga boyu gösterilmiştir. Şekil 3.11'de bu titreşimin frekans grafiği gösterilmiştir.

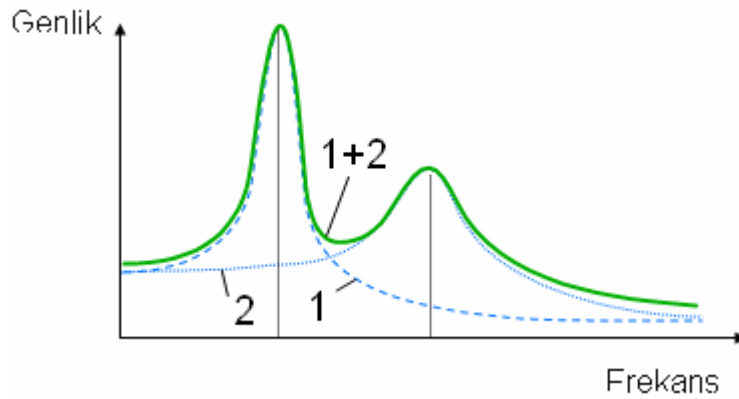


Şekil 3.10 Titreşimin genlik-zaman grafiği
[Taşkın, 2005].



Şekil 3.11 Titreşimin genlik-frekans grafiği
[Taşkın, 2005].

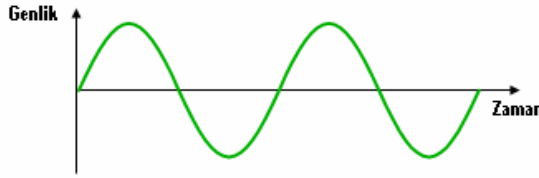
Tek bir bileşenden meydana gelen hareket tek frekansta oluşur. Buna örnek olarak akort maşası veya içten yanmalı motor pistonunun hareketi verilebilir. Titreşim değişik frekanslardaki eş zamanlı bileşenlerden oluşuyorsa, bu durumda tek titreşim bileşenden bahsedilemez. Titreşim sinyalleri genellikle çok sayıda frekanslardaki titreşimlerin eş zamanlı olarak oluşmasından meydana gelmiştir. Bu yüzden de sadece basit bir bakışla derhal titreşimin kaç tane bileşeni olduğu ve bu bileşenlerin hangi frekanslarda olduğu söylenemez. Bu bileşenler titreşim genliğinin frekansa göre değişimi çizilerek tespit edilebilir. Şekil 3.12’de iki farklı titreşimin genlik-frekans grafiği kesikli mavi çizgili eğrilerle gösterilmiş ve bu iki farklı frekansın birleşim grafiği olarakta yeşil düz çizgili eğri oluşmuştur.



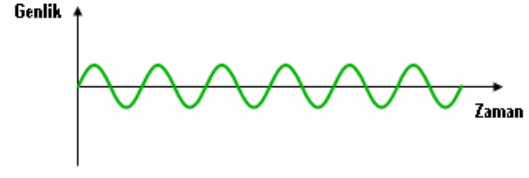
Şekil 3.12 İki bileşenli titreşimin genlik-frekans grafiği [Taşkın, 2005].

Titreşim sinyalinin tek tek frekans bileşenlerine ayrılarak incelenmesine frekans analizi denir. Titreşim seviyesini frekansın fonksiyonu olarak gösteren grafik “frekans spektrogramı” olarak adlandırılır. Bir makinenin frekans analizi yapıldığında normal olarak belirli sayıda etkin periyodik frekans bileşenleri göze çarpar ki bunlar makinenin çeşitli parçalarının temel hareketlerinin titreşimleriyle bağlantılandırılabilir. Örneğin bir rulmanlı mil yatağı ve saç bir gövdeye sahip hayali bir makinada titreşim analizi yapıldığında saç gövdeye ait titreşim grafiği Şekil 3.13 deki gibi ve rulman yataklarına ait titreşimin grafiği de Şekil 3.14 deki gibi olur ise; makinanın titreşim grafiği Şekil 3.15 te gösterildiği gibi olacaktır. Bu titreşimler düzenli olarak ölçüldüğü takdirde grafikteki en küçük bir değişiklik kolayca tespit

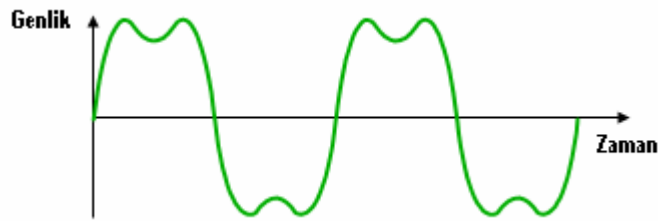
edilmiş olacak ve gelecekte oluşabilecek bir arızanın önüne geçilecektir [Pasin, 2000].



Şekil 3.13 Gövde sacına ait titreşim grafiği [Pasin, 2000].



Şekil 3.14 Rulman yataklarına ait titreşim grafiği [Pasin, 2000].



Şekil 3.15 Makinanın titreşiminin grafiği [Pasin, 2000].

Uygulamada titreşimden kaçınmak zordur. Genellikle üretim toleranslarının, boşluklarının, makine parçalarının yuvarlanan veya birbirine sürtün parçalarının dinamik etkilerinin sonucunda ve dönel makinelerin ya da krank biyel mekanizmalarının balanssız kuvvetlerinin sonucunda titreşimler oluşmaktadır. Genellikle küçük, dikkate alınması gereksiz titreşimler, yapı parçalarının bazılarının doğal frekansında zorlama yaparak, bu titreşimlerin etkisini büyültür ve önemli bir titreşim ve gürültü kaynağı oluştururlar. Bununla birlikte bazı kullanımlarda mekanik titreşimler önemli bir görevi de yerine getirirler. Örneğin parça besleyicilerde, beton sıkıştırıcılarda, ultrasonik yıkama sistemlerinde, taş delme makinelerinde bilinçli olarak titreşim meydana getirilir.

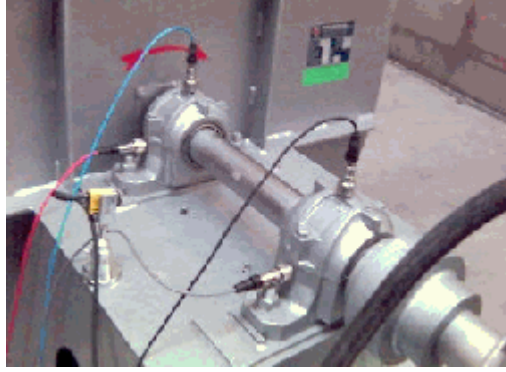
Titreşim test makinelerinin, çokça kullanıldığı uygulamalardan biri de, bir cihazın titreşiminin, fiziksel veya fonksiyonel etkilerinin incelenmesi istenilen veya onların titreşimli çevreye karşı koymalarının belirlenmesinin istenildiği durumlarda, kontrollü bir titreşim enerjisi vererek, sonucunu araştırma işlemidir. Titreşimin meydana getirdiği enerjiyi kullanan makinelerin veya düzgün bir şekilde çalışacak

mekanik üretimlerin bakım ve onarımında kullanılacak olan titreşim çalışmalarındaki temel ihtiyaç, ölçüm ve analiz ile oluşan titreşimlerin düzgün bir şekilde tanımlanabilmesidir. Bu sayede gerekli tanılar konulabilir ve önlemler önceden alınabilir, doğacak zarar aza indirgenmiş olur.

Titreşim ölçümü, belirli sistemlerden uygun ölçüm aletleriyle bilgi elde etme işidir. Titreşim ölçümü, titreşim sinyalleri toplamaktan ve bu sinyalleri bilgi taşıyıcılar olarak kullanmaktan oluşur. Bunlar uygulanan dış ve iç kuvvetler hakkında bilgi taşıyabilirler ve sinyalin alıcıya gelirken aldığı yol üzerindeki yapısal elemanlar hakkında bilgi verirler. Pratikte titreşim ölçümü, temelden gelen akustik sinyalleri veya cisim titreşimlerinin herhangi birisinin taşıdığı bilgi ile ilgilenir. Titreşimlerin bazı özellikleri onu çok önemli bir gözlemlene aracı haline getirir. Bunlardan bir tanesi çok küçük enerjiler meydana getiren kinetik veya diğer işlemler sonucunda bile titreşimlerin oluşması ve bu titreşimlerin hazır olarak elimizde bulunan aletlerle kolayca tespit edilebilmesidir. İkinci önemli özelliği ise, bilgi elde etmenin zor olduğu (montaj edilmiş makineler gibi) elemanlardan, gelen titreşimler vasıtasıyla onlar hakkında bilgi elde etmenin mümkün olmasıdır. Bu manada biz titreşim ölçümünü bir çeşit tahribatsız muayene olarak düşünebiliriz. Titreşim ölçümü ile ilgili bazı problemler söz edilen bu iyi özelliklerle bağlantılıdır. Örneğin, titreşimlere hassas oluş, ölçüm sisteminin diğer kısımlardan gelen titreşimleri de algılamasına sebep olur. Akustik titreşim ölçümü bu probleme daha fazla maruzdur. Fakat makine elemanlarından direkt olarak ölçülen titreşimler de aynı problemle karşı karşıyadırlar. Bizim ilgilendiğimiz titreşimlerle, ilgilenmediklerimiz arasındaki fark kesin bir şekilde ayrılabilmesidir. Titreşimin kalitesi ve taşıdığı bilgi miktarı uygulayacağımız ölçüm metoduna büyük ölçüde etki etmektedir. Endüstride son zamanlarda popülerliği artan titreşim (vibrasyon) analizi ile makinaların arızalarının önceden tespitine yönelik ölçümler yapılmaktadır. Makina bakımında temel olarak yapılan işlem, sağlıklı durumdaki bir makinanın titreşim seviye kaydının, belli periyotlarda yapılan ölçümlerde alınan kayıtlarla karşılaştırılmasından ibarettir.

Bu ölçümler için son derece basit cihazlardan kompleks cihazlara kadar birçok çözümler mevcuttur. Basit cihazlarla genel olarak ivme, hız ve yerdeğişimi gibi değerler ölçölür ve izlenebilir. Analizör tabir edilen cihazlarda ise ölçüm

sonuçlarının yorumlanmasına yönelik birçok fonksiyon bulunur. Bunlardan başlıca bilinenleri dinamik ve statik balans bozuklukları, dişli arızaları, rulman arızaları ve kaplin ayarsızlığının tespiti.



Şekil 3.16 Mil yataklarından alınan titreşim ölçümü [Brüer&Kjaer, 1982].

Döner makinaların sağlığı ile ilgili en ayrıntılı bilgi, yataklar üzerinden alınan titreşim ölçümlerinin analizi ile elde edilir. Şekil 3.16’da mil yataklarından alınan titreşim ölçümü görülmektedir. Her arıza, fiziksel özelliklerine göre farklı frekanslarda kendini göstermektedir. Önemli olan bu frekansların ayrıştırılarak hangi parçaya ait olduğunun belirlenmesi ve periyodik ölçümler sırasında titreşimin frekans bileşenlerinde oluşan değişimlerin tespit edilerek doğru tanınmasıdır [de Silva, 2008].

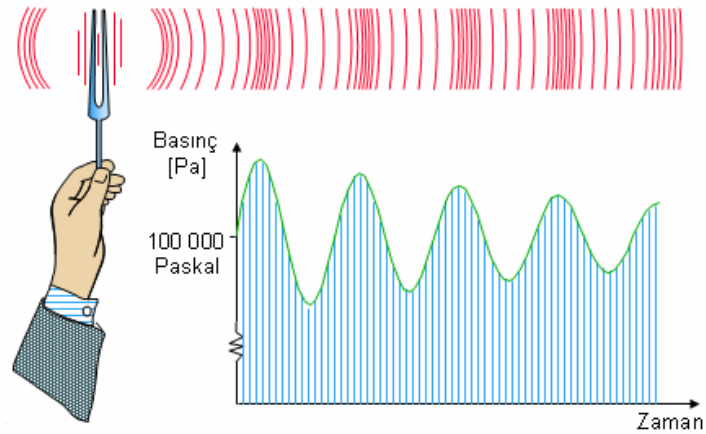
3.3 Ses ve Gürültü

3.3.1 Ses

Ses, bir cismin başka bir cisme çarpması, değmesi ya da sürtünmesi sonucu oluşan titreşimler dizisidir. Ses veren her cisim titreşir, zaten ses de bu titreşimler sonucu meydana gelir, ancak sesin doğması için tek başına titreşim hareketi yetmez. Titreşen cismin sesi iletecek bir ortamda bulunması gerekir. Söz konusu ortam katı, sıvı, ya da gaz olabilir. Ancak sesi iletebilecek nitelikte, yani esnek olması şarttır. Sesi en iyi ileten ortam gazdır. Buna karşılık, su sesi iyi iletmez. Sesin bir başka özelliği boşluktan geçmeyişidir. Havası boşaltılmış kapalı yerlerde ses duyulmaz. Diyapozon gibi bir ses kaynağı titreştiğinde, etrafında bulunan havada basınç

değişiklikleri meydana getirir. Şekil 3.17’de görüldüğü gibi havada oluşan bu basınç değişikliklerini, göle atılan bir taşın oluşturduğu dalgacıklarla özdeşleştirebiliriz.

Dalgalar, taşın suya girdiği noktadan yayılmaya başlar. Halbuki ilerleyen suyun kendisi değildir. Su sadece yüzeyindeki periyodik dalgaları oluşturacak şekilde aşağı ve yukarı hareket etmektedir. Ses te buna benzer. Taş, kaynağa; göl, havaya; dalgacıklar da ses dalgalarına karşılık gelmektedir.



Şekil 3.17 Sesin yayılımı [Işıkel, 2006]

Örnekleri arttırsak, bir zil çaldığında, bir çubukla herhangi bir metale vurduğumuzda, titreşimler olur. Bir zilin çalması, bir kolun metal çanağa vurması sonucu metal çanağın titreşimler yapmasıdır. Titreşen metal, çevredeki havayı ileri-geri iter, itilen hava, daha öndeki havaya aynı itmeyi uygular, suya atılan cismin meydana getirdiği halkalar gibi dalgalar doğurur. Böylece, metal çanağın titreşimleri hava ortamında kulağımıza kadar ulaşır.

Sesin başlıca üç özelliği vardır :

a – Şiddeti :

Sesin şiddeti sesi meydana getiren titreşimlerin büyüklüğüne, ses kaynağından olan uzaklığa bağlıdır. Bir sesin ısıtma sisteminde algılanan gürlüğü, ses basınç seviyesi ile orantılıdır. Akustikte ses şiddeti “desibel (dB)” ile ölçülür. Bazı ses basınç seviyeleri şöyledir:

- 130 dB çok yüksek ses. Yüksek vurgulu çalgılar, uçak motor gürültüsü...
- 100 dB ambulans yada polis sireni...

- 70 dB normal konuşma...
- 60 dB bir çalışma yerindeki arka gürültü...
- 40 dB çok düşük seviyedeki konuşma...
- 20 dB ses yalıtımı yapılmış oda, ses kayıt stüdyoları...
- 0 dB duyma sınırı

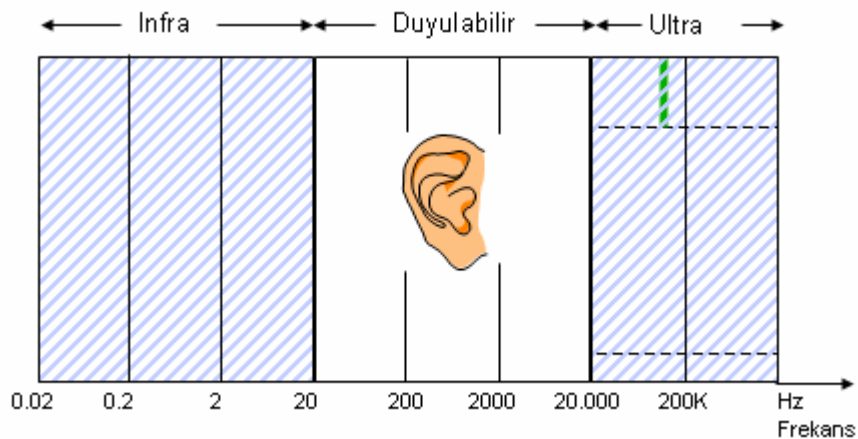
b – Yüksekliği

Sesin yüksekliği sesin saniyedeki titreşim sayısına bağlıdır; titreşim ne kadar çok olursa, ses o kadar ince olur. Bir sesin yüksekliği, o sesin dalgasının frekansı ile ölçülür. Sesin yüksekliğini belirtmek için, konuşma dilinde "kalın ses", "ince ses" deyimleri kullanılır. Frekansı küçük olan sesler kalın, frekansı büyük olan sesler de incedir.

c - Tonu

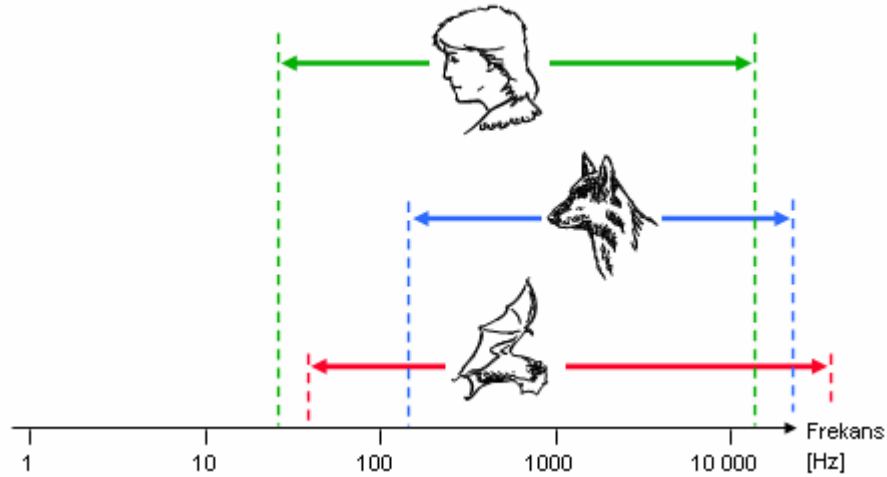
Aynı yükseklik ve aynı şiddetteki sesleri birbirinden ayırt etmemize yarayan özellikleridir; titreşen maddenin cinsine göre değişir.

İnsan kulağı doğada yeralan her sesi işitemez, çünkü bu seslerin frekansları insan kulağının alamayacağı kadar alçak, bazıları da fazlasıyla yüksektir. Şekil 3.18’de gösterildiği gibi sağlıklı genç bir insanın duyabileceği sesler 20 ila 20000 Hz arasında yer alır. 1-20 Hz arası infra sesler, 20000-40000 Hz arası frekansa sahip seslereyse ultra sesler adı verilir, her iki ses de insanlar tarafından duyulamazlar [Işıkel, 2006].



Şekil 3.18 İnsan kulağının duyma aralığı [Ergenç, 2008].

Doğada sesin duyulma seviyeleri canlıdan canlıya çeşitlilik göstermektedir. Şekil 3.19’da gösterildiği gibi bir yarasa 80–50000 Hz frekansta sesleri duyabilirken bir köpek 200-25000 Hz frekansta sesleri duyabilmektedir.

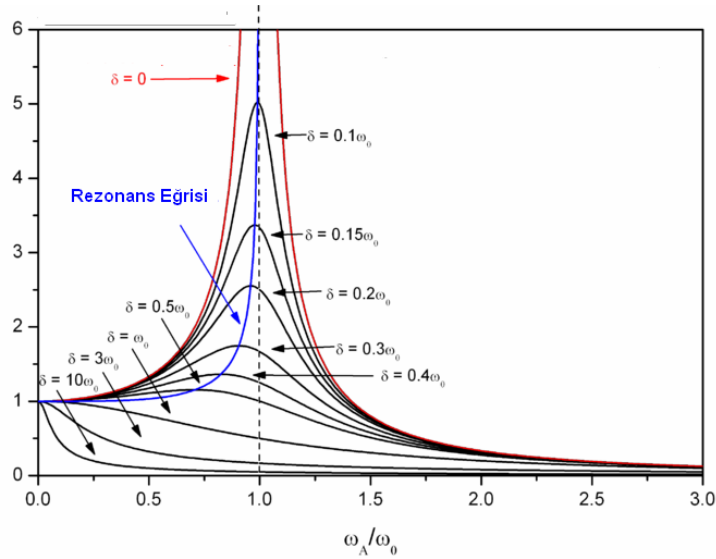


Şekil 3.19 Çeşitli canlıların duyma frekansları [Ergenç, 2008]

Her cismin doğal bir frekansı vardır. Yani bir cismin serbestçe titreşmesine meydan verilirse, saniyede belirli sayıda titreşim yapar. Bu titreşim her saniye için aynıdır. Uygulanan kuvvetin frekansı cismin doğal frekansına eşit olduğu zaman, Şekil 3.20’de de gösterildiği gibi titreşimin salınımların genliği sınırsız artma eğilimine girer. Sonuç olarak sistem, belli bir genlikten sonra bütünlüğünü veya bulunduğu durumu koruyamaz, dağılır veya bozunur, bu olay "rezonans" diye tanımlanır.

Sözgelimi bir asma köprüyü ele alalım. Bu köprü, büyüklüğü, yapı yöntemi, yapımında kullanılan malzeme gibi faktörlerle bağlı olarak doğal bir frekansa sahiptir. Dolayısıyla, kalabalık bir askeri birlik böyle bir köprüden geçerken "serbest adım" komutu verilir. Aksi taktirde, düzenli, sert askeri yürüyüş adımlarının, köprünün doğal frekansına eşit olması ve tehlikeli ölçüde bir titreşim doğması ihtimali vardır. Nitekim böyle bir olay 2. Dünya Savaşı sırasında Alman Ordusu’nun başına gelmiş ve köprü yıkılmıştır. Şiddetli rüzgarlar bir asma köprünün doğal frekansına eşit bir düzende çarptıkları zaman, köprünün parçalanması tehlikesi söz konusudur. Çok tınlayan, sese karşı duyarlı yapıda şarap bardaklarının, yüksek notalarda şarkıların etkisiyle parçalandıkları bilinir. Müzik aletleri, her gerilmiş telin, her ses borusunun, özel, kendine has doğal bir titreşim frekansına sahip olması

ilkesinden yararlanarak yapılır. Kısaca ardarda gelen titreşim hareketlerinin birbirini etkilemesi olayı diye tanımlayabileceğimiz rezonans, görüldüğü gibi büyük bir önem taşımaktadır [Morse, 2008].



Şekil 3.20 Rezonans grafiği [Morse, 2008]

3.3.2 Gürültü

Düzensiz, uyumsuz (ahenksiz) sesler "gürültü" diye tanımlanır. Ses, bazen gürültü olarak adlandırdığımız, istenmeyen veya rahatsız edici boyutuyla karşımıza çıkar. Şekil 3.21'de günlük hayatta bazı gürültü kaynakları gösterilmiştir. Rahatsızlık kavramı sadece sesin kalitesine değil, bizim bu olaya gösterdiğimiz tepkiye de bağlıdır. Örneğin bazı kişilerin hoşuna giden bir müzik türü, özellikle yüksek sesli ise, başkaları tarafından gürültü olarak nitelendirilebilir.

Fakat şunu da belirtmek gerekir ki sesin rahatsızlık vermesi için her zaman yüksek seviyeli olması gerekmez. Bir plaktaki cızırtı, bir musluğun damlaması, veya bir kapının gıcırdaması bazen bir gökgürültüsü kadar rahatsız edici olabilmektedir.

Ses seviyesinin gürlüğü hakkındaki değerdirmemiz, günün hangi saatinde olduğumuza göre de değışkenlik gösterebilmektedir. Örneğin yüksek seviyeli bir gürültüye geceleyin, gündüze göre daha az tolerans gösterebiliriz.

Ses bazen de zarar verici ve yıkıcı olabilmektedir. Örneğin bir sonik patlama camları kırabilecek güce sahiptir. Fakat ses bize en büyük zararı, onu algılamak için yaratılmış olan mekanizmada - insan kulağında - hasara yol açtığında vermektedir.

Teknolojinin gelişmesi ile orantılı olarak gittikçe artan gürültü, günlük yaşamımızın kaçınılmaz bir parçası haline gelmiştir. Bu yüzden gürültünün azaltılması ile ilgili önlemlerin alınması, gürültüyü hayatın bir parçası olarak kabullenmememiz için önemlidir [Arslan, 2008].



Şekil 3.21 Günlük hayatta gürültü [Brüel& Kjaer, 1982]

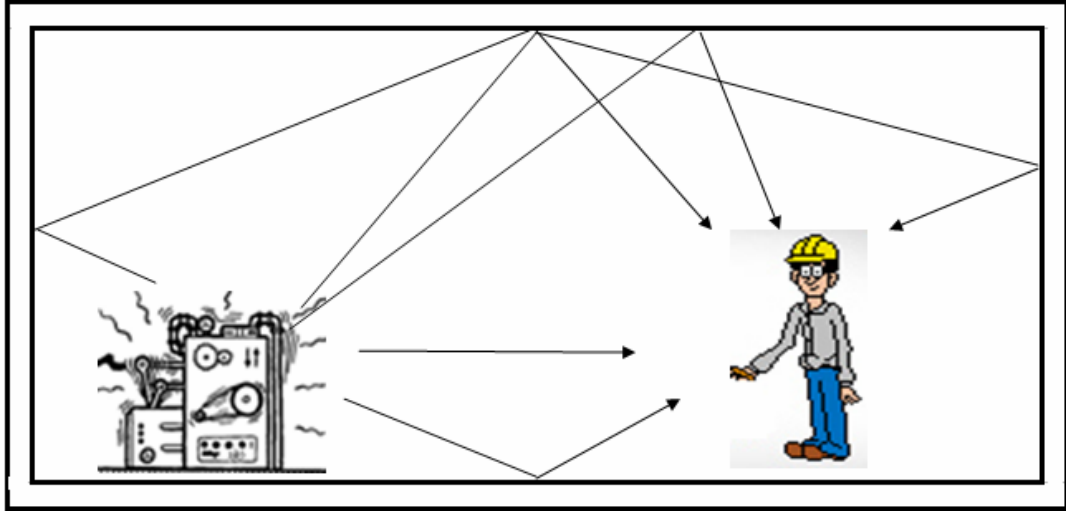
3.3.2.1 Çalışma Alanlarında Gürültü Çözümleri

Gelişen teknoloji ile birlikte gürültü, işyerlerinde olduğu büyük bir sorundur. Gürültü bir çok açıdan sakıncalıdır, gürültü işitme kayıplarına neden

olmanın yanı sıra rahatsız bir çalışma ortamı yaratarak verimliliği düşürür. Gürültünün psikolojik etkileri olduğu da açıktır. İşyerlerinde gürültü kaynakları bir çok yerden aynı anda gelebilir bu sorunu daha da büyük hale getirmektedir. Gürültüsü fazla olan işyerlerinde gürültü kontrol yöntemlerinin kullanılması şarttır. Gürültü kontrolü aşağıdaki faktörlere bağlı olarak değişmektedir:

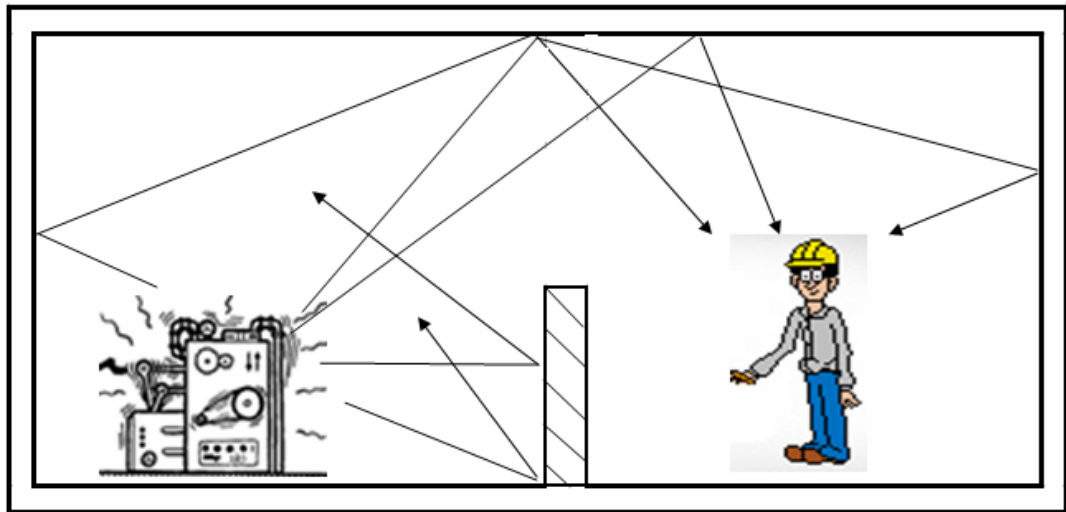
- Kullanılan makinelerin model ve tipleri
- Kullanılan gürültü azaltma yöntemleri
- Kullanılan makinenin fiziksel çevresi
- Kullanılan makinenin olduğu yerdeki akustik çevre
- Makinenin yaptığı iş cinsi
- Çevredeki diğer gürültü kaynakları
- Gürültü kontrol yöntemlerinden sonra makinenin ilave gürültü kontrolüne ihtiyacı olup olmaması
- Gürültü azaltma yöntemlerinde kullanılan materyallerin kalitesi
- Gürültü kontrollerinin bakımı
- Yönetimsel kontroller ile birlikte mühendislik kontrollerinin kullanılması
- Makineyi kullanan operatörün tecrübesi

Bazı akustik materyaller gürültüyü emerek, ses dalgalarını bloklayarak veya titreşimleri azaltarak, gürültüyü azaltabilirler. Aslında çok ta zor olmayan ve maliyetleri düşük yatırımlarla maruz kalınan gürültü düzeyi kolaylıkla aşağılara çekilebilir. Şekil 3.22’ de hiç bir tedbir alınmamış bir makina ve çalışan görülmektedir. Burada çalışanın alabileceği tek tedbir koruyucu kulaklık kullanmaktır. Gürültü kaynağından doğrudan gelen seslerin yanı sıra, döşeme, duvar, tavan yüzeylerinden yansıyan seslerle mekandaki gürültü seviyesi yükselir, çalışma verimi düşer.



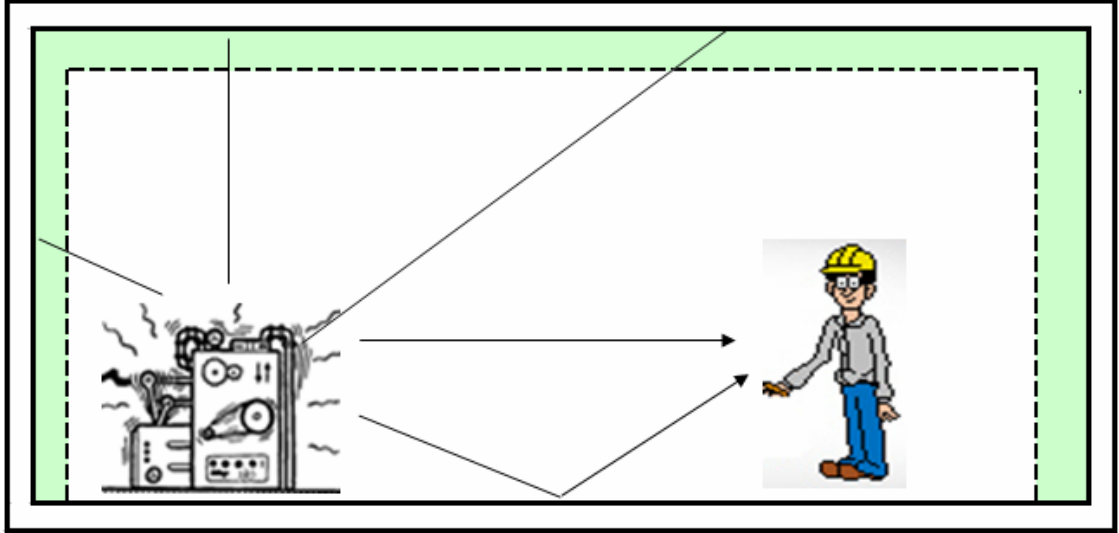
Şekil 3.22 Gürültüye doğrudan maruz

Şekil 3.23’ te görüldüğü gibi gürültü kaynağı ile çalışan arasına konulan ses yutucu bir pano doğrudan gelen sesi kesmekle beraber, yansıyan sesler nedeniyle iyi sonuç alınamaz. Fakat maliyetler gözönüne alındığında bu yöntem daha cazip bir yöntem gibi gözükebilir. Zira kanuni zorunluklar çalışanın 85 dB seviyesi antındaki bir gürültü seviyesine maruz kalması yönündedir. Eğer bu ses yutucu pano konulduğunda yapılan ölçüm neticesinde gürültü seviyesi 85 dB altına inmişse çalışan bu bölgede kulaklık takmaya teşvik edilerek çalıştırılabilir. Bu yüzden bu yöntem uygulandıktan sonra diğer yöntemlere başvurmadan yeni bir ölçüm yapılarak gürültü seviyesi ölçülmelidir.



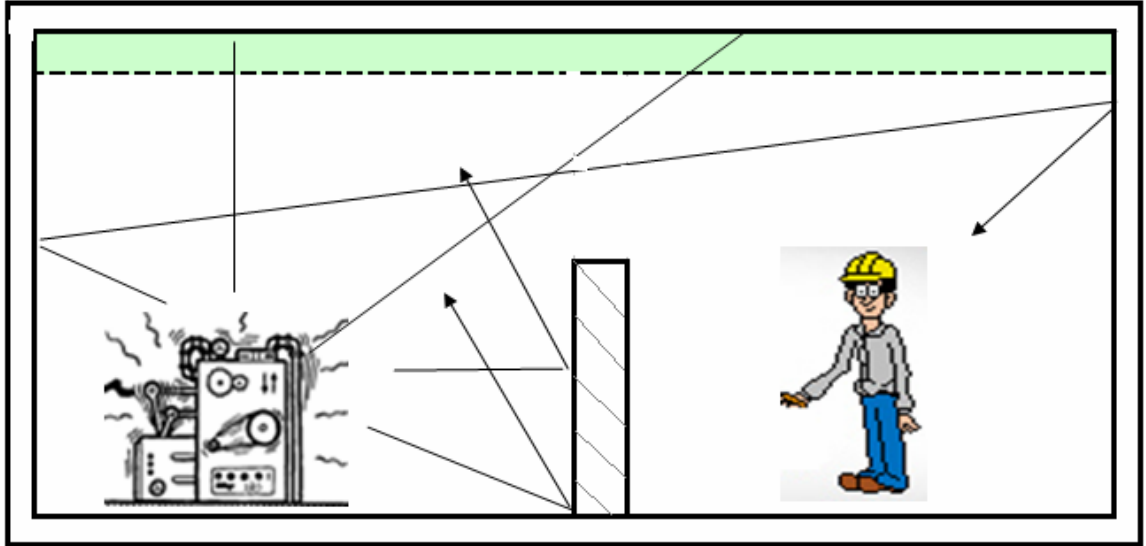
Şekil 3.23 Gürültü kaynağıyla çalışan arasına konulan pano

Şekil 3.24’ te görüldüğü gibi bir diğer gürültü önleme metodu da gürültülü mekanın duvarları ve tavanında yapılan ses yutucu bir uygulamadır. Böylece ses yutucu tavan ve duvarlar yansıyan sesleri bütünüyle keser. Doğrudan gelen seslere rağmen alınan sonuç tatminkardır.



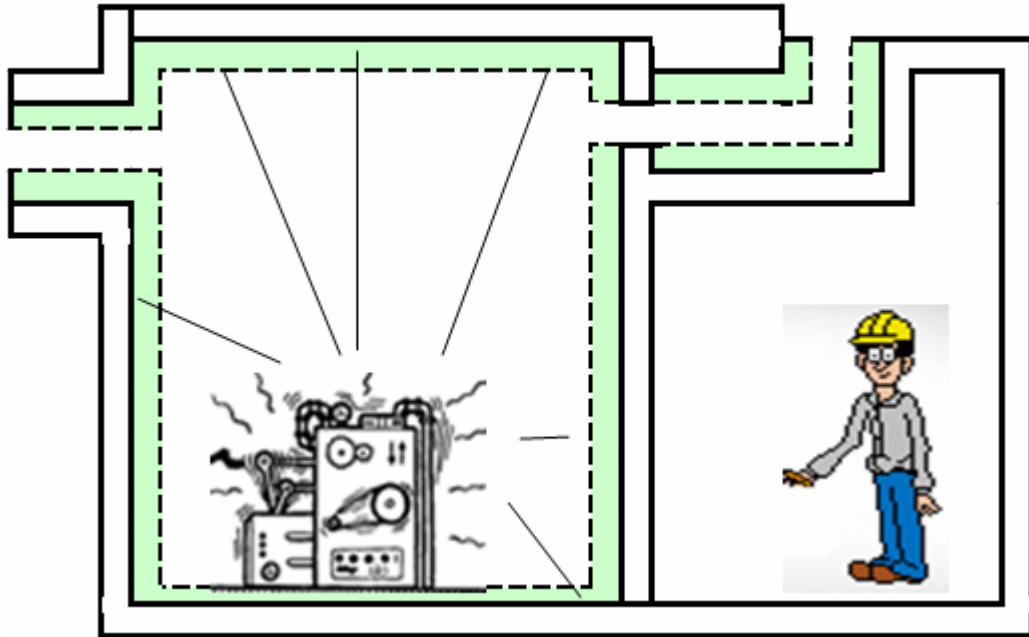
Şekil 3.24 Tavana ve duvarlara ses yutucu uygulama

Şekil 3.25’ te görüldüğü gibi, tavana ses yutucu bir uygulama ve yeterli yükseklikteki ses yutucu pano uygulaması daha önceki bahsettiğimiz uygulamalardan daha iyi bir sonuç verecektir. Burada Şekil 3.28’de de görüldüğü gibi tavan yansıyan sesi yutacak ve pano da doğrudan gelen sesi yutacak ve çalışan gürültü maruziyetini azaltacaktır. Fakat bir miktar gürültü yine olacaktır.



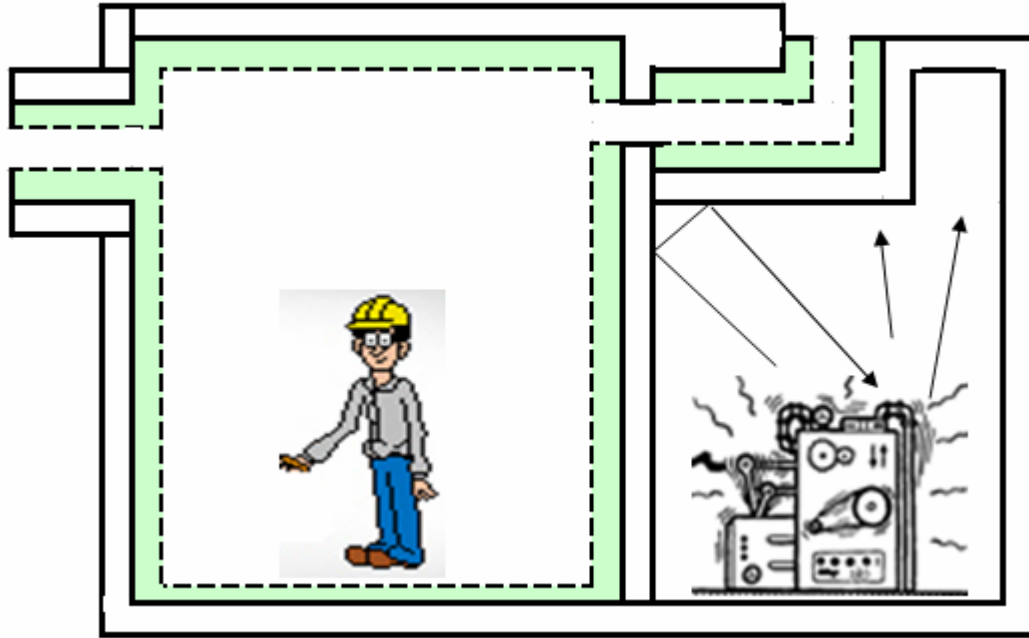
Şekil 3.25 Tavan yalıtımı ve yalıtımlı pano uygulama

Gürültü önlemede köklü çözümlerden biri Şekil 3.26’da da görüldüğü gibi gürültü kaynağını ses yutucu bir kabin içine almaktır. Bu kabine havalandırma menfezleri bırakılmalıdır, fakat bu menfezlerin içi de ses yalıtımlı olmalıdır.



Şekil 3.26 Gürültü kaynağını ses yutucu kabin içine alma

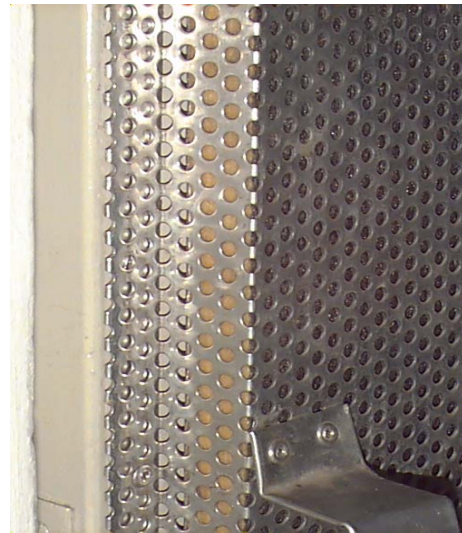
Diğer bir köklü çözüm ise Şekil 3.27 'de de görüldüğü gibi ses yalıtımı yapılmış bir operatör kabini yapmaktır. Bu kabinde de içi ses yalıtımı yapılmış havalandırma menfezleri olmalıdır.



Şekil 3.27 Çalışanı ses yutucu kabin içine alma



Şekil 3.28 Menfezlerde kullanılan susturucular



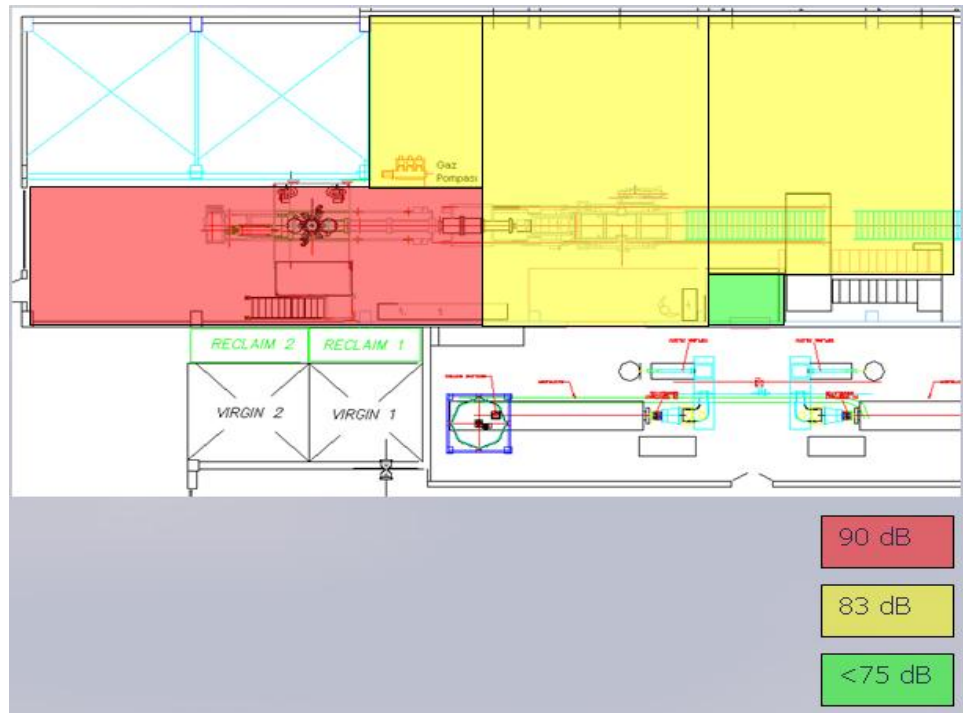
Şekil 3.29 Ses yutucu duvar

3.4 İzocam Gebze XPS Tesisi Gürültü Seviyesi Azaltma Çalışması

3.4.1 Tesis Gürültü Haritasının Oluşturulması

Bir tesisin veya mekanın gürültü haritasının çıkarılması için bölgede pilot noktalar belirlenerek, bu noktalar üzerinde dozimetre ile ölçüm yapılarak noktalarda gürültü seviyesi belirlenir. Ne kadar çok nokta üzerinden ölçüm yapılırsa o kadar doğru bir ölçüm yapılmış olunur.

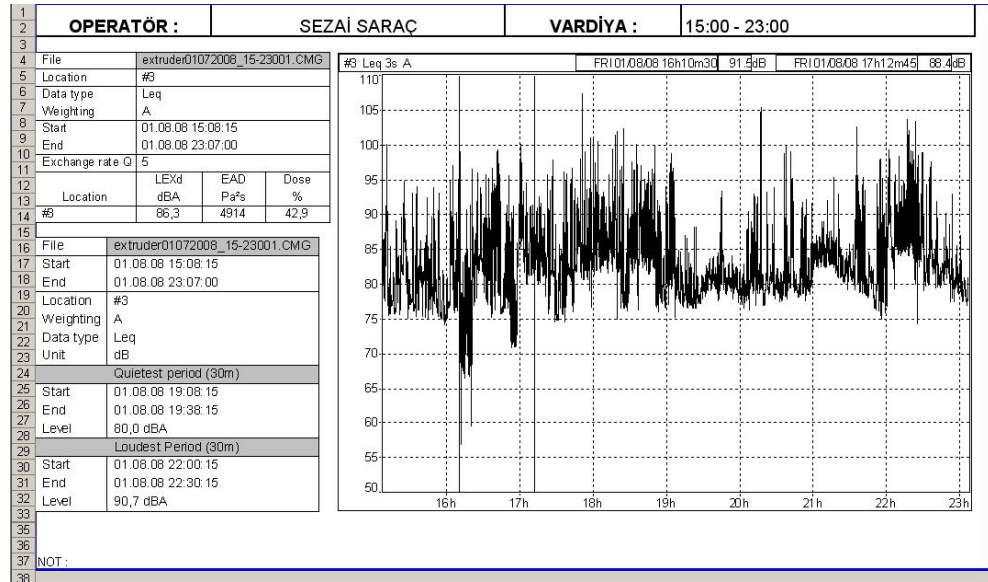
Ölçümler neticesinde Şekil 3.30’da da gösterildiği gibi, gürültü haritası üzerinde en yüksek gürültü seviyesi olan kırmızı bölge pilot alan olarak seçilip, gürültü seviyesinin azaltılmasına, mümkünse en yüksek maruziyet sınır değeri olan 85 dB ‘nin altına düşürülmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.



Şekil 3.30 Başlangıç tesis gürültü haritası

3.4.2 İyileştirme Noktalarının Tespiti

Ölçüm yapılan noktaların değerleri gözden geçirilerek belirlenen pilot bölgede bulunan en yüksek değere sahip noktadan başlanarak gürültü değerlerinin düşürülmesine yönelik faaliyetlere başlanılmalıdır. Buna göre tespit edilen hammadde besleme bölgesindeki “blower” lar, dolum silosu, hortumlar, redüktör, bölgede en çok gürültüye sebebiyet veren unsurlar olarak belirlenmiş ve üzerlerinde gürültü yalıtımı yapılmaya karar verilmiştir. Şekil 3.31’de dozimetre ile yapılmış bir ölçüm değerler tablosu ve grafiği görülmektedir.



Şekil 3.31 Dozimetre ölçümü

3.4.3 Yapılan İyileştirmeler

3.4.3.1 Hammadde Besleme Bölgesi – 30 Ekim – 86dB

Blower’lar taşıyünü ile yapılan oda içerisine alındı, dolum silosu ve hortumlar flex ve taşıyünü boru ile Şekil 3.32’de de gösterildiği gibi yalıtıldı.



Şekil 3.32 Flex ve taşyünü kaplanmış hortum ve borular

3.4.3.2 Redüktör Taşyünü İle Perdeleme – 11 Kasım – 84dB

Redüktör etrafı ve çitler Şekil 3.33’te de gösterildiği gibi taşyünü levhaları ile kaplandı. Böylece buradan yayılan ses ve dolayısıyla gürültüye bir koruyucu, ses yutucu bir duvar oluşturularak, sesin yayılması engellenmiş oldu.



Şekil 3.33 Taşyünü ile perdeleme

3.4.3.3 Blowerlar Dışarı Çıkartıldı – 15 Kasım – 82dB

Blower’lardan yüksek miktarda hava çıkışı aniden olduğu için çıkan hava ısılk etkisi yaratarak çok büyük değerlerde gürültüye sebebiyet vermekteydi. İlk olarak daha az zahmetli ve maliyetli olacağından, blowerları bir ses yutucu kutu

içerisine alma fikri cazip geldiğinden, blowerlar bir ses yutucu kutu içerisine alındı. Fakat blower'lara kutu yapılması , gürültü kaynağını yeterince önleyemediği için Şekil 3.34'te de gösterildiği gibi blowerlar bina dışına çıkartılmıştır.

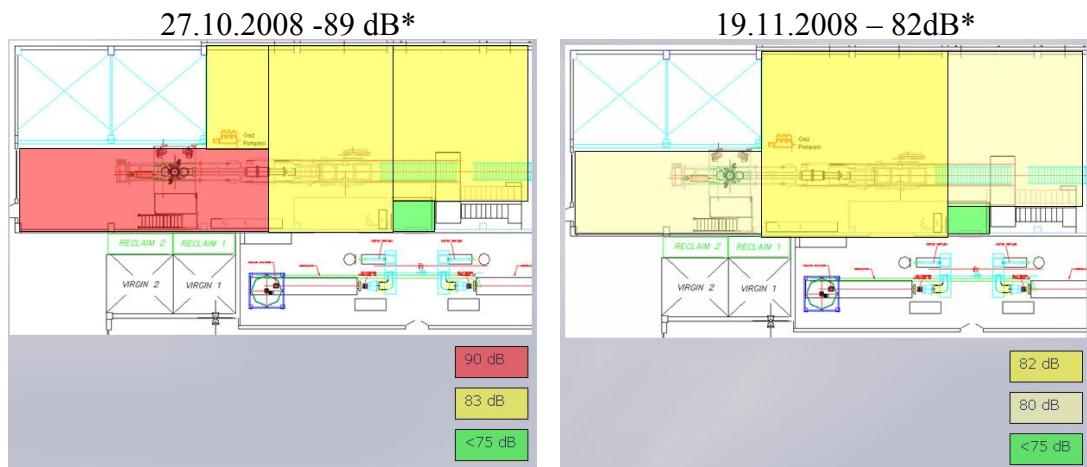


Şekil 3.34 Dışarıya alınan blower

3.4.3.4 Sonuç ve Haritaların Karşılaştırılması

Yapılan iyileştirmeler sayesinde, pilot bölgedeki gürültü seviyesi Şekil 3.35'te de gösterildiği gibi 89 dB'den, 82dB'e indirilmiştir. Böylece bu bölgede gürültü seviyesi en yüksek maruziyet sınır değeri olan 85 dB'nin altına düşmüştür.

Yönetmelikte belirtildiği üzere, bu sayede, bölgede kulaklık kullanımı bir zorunluluk olmaktan çıkartılmıştır.



Şekil 3.35 Haritaların karşılaştırılması

4. GEMİLERDE TİTREŞİM

Son yıllarda, yeni yapılar için titreşim durumunu düzenlemek temel anlaşmalarda bir standart uygulama haline gelmiştir. Bu standartların gözönüne alındığı anlaşmalarda, geminin tüm yapısının, gemi operasyonları sırasında gemiyi oluşturan parçaların, limit titreşim değerlerini aşmaması gerekmektedir. Limit değerlerinin aşılmaması sorumluluğu ve garantisi gemi yapı şirketlerinin üzerindedir. Bu kuruluşların ISO 6954 standartlarında izin verilen değerler üzerine çıkmaması gerekmektedir.

Gemi imalatında sorumlu tersanenin, ön tasarım veya imalat tasarımı sırasında gerekli analizleri tamamlaması veya bağımsız bir danışman vasıtasıyla gemi yapısının gerekli analizlerini denetlemesi gerekmektedir. Teorik soruşturmanın kapsamına dikkatle bakarak, limit değerlerinin karşılandığına emin olunmalıdır. Titreşim limitlerini belirlemek için üç önemli etken vardır [Chapple, 2005, Tech, 1998, Carl, 2005]:

- Titreşimin insan vücuduna etkisi
- Yapısal titreşim
- Makina ve ekipman titreşimleri

4.1 Titreşimin İnsan Vücuduna Etkisi

İnsanların oturdukları yerler, temas ettikleri ya da ellerinde tuttukları titreyen her türlü makine ve araçların neden olduğu sarsıntılar uzun dönemde zararlı etkiler yaratabilmektedir. Titreşim ivmesinin insan vücuduna etkisi çoğunlukla titreşim frekansı ile bağıntılı olarak ortaya çıkmaktadır. Frekans arttığında , küçük ivme artışları bile rahatsız edici olmaktadır.

Şu anda var olan, insan vücuduna titreşimin etkisiyle ilgili standartlara dikkatlice bakacak olursa, basit olarak insan vücudu için gerekli konfor ve ferahlığı

Gemilerde konforlu yolculuk terimi “cruise” büyük yolcu gemilerinin son yıllarda marketinin artmasıyla bir ivme kazanmış ve bu konuda çalışmalar üzerinde durularak yeni gelişmeler yaşanmıştır. Sınıflandırma cemiyetleri bu konu üzerine eğilmiş, yolcu mahallerinde titreşim ve gürültü değerlerini göz önüne alarak bir sınıflandırma yapmışlardır. Çizelge 4.2’de gösterildiği gibi, buna göre bu değerler 1’den 5’e kadar bir numara verilerek ifade edilmiştir. 1 en iyi değeri, 5 ise en kötü değeri temsil etmektedir. Bu çalışmanın yolcu gemilerine yapılması sadece ilk ayak olarak düşünülmüş ve diğer tiplerdeki gemilere de uygulanmaya çalışılmıştır [Kang, 1997, Pan, 1993].

Çizelge 4.2 Yolcu mahallerindeki gürültü ve titreşim değerleri sınıflandırılması [ISO 6954, 1984]

Vibration limits	Sea Mode					Harbour Operation					Thruster Operation ¹⁾				
	hcn					hcn					hcn				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Indoor Spaces Forward of Frame B															
First class cabins	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	-	-	-	-	-	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2
Standard cabins	1.2	1.7	2.2	2.7	3.2	-	-	-	-	-	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6
Public spaces, <i>short</i> exposure time	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Public spaces, <i>long</i> exposure time	1.4	1.9	2.4	2.9	3.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Outdoor Spaces Forward of Frame B															
Open deck recreation	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Open deck recreation, overhangs	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁾ Thrusters operating at not less than 70 % full load															

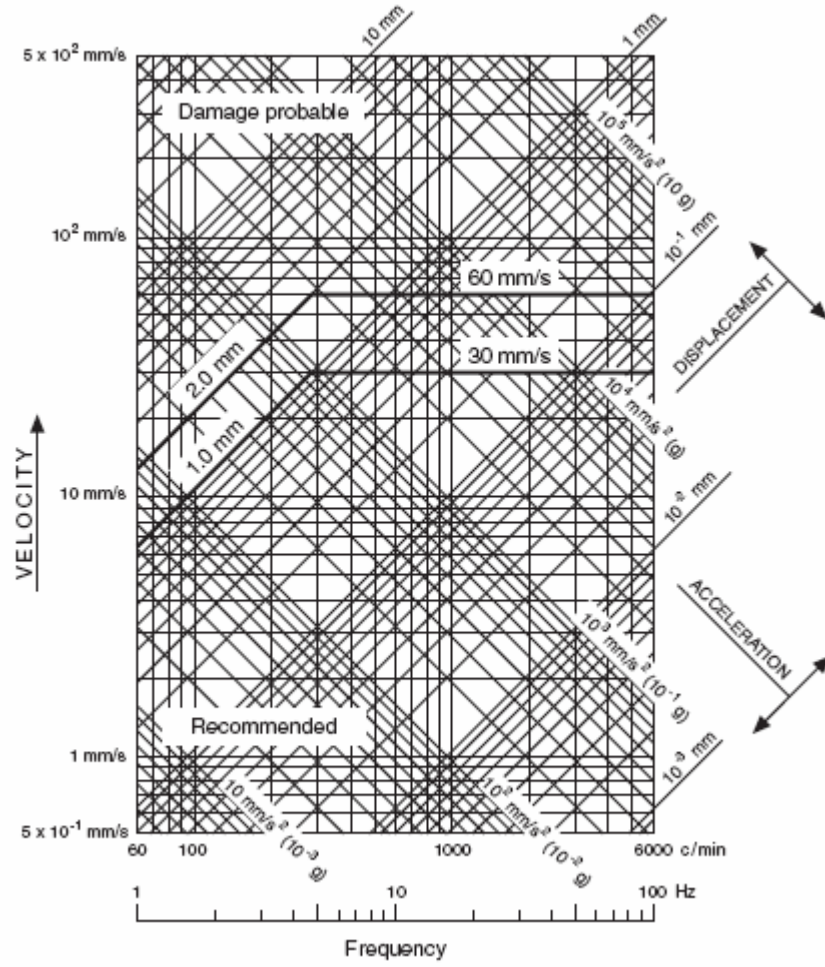
4.2 Yapısal Titreşim

Yaşam mahallerinde titreşimin değeri limit değerlerini aşmasa bile, diğer mahallerde titreşim kaynaklı problemler yaşanabilir. Buna örnek tanklar, gemi gövdesi bileşenleri ve makina dairesi içi verilebilir.

Bu nedenle, yapının titreşimi dinamik büyüklüklere bağlı olarak rezonans değerine yaklaşabilir veya yakalayabilir. Malzeme yorulurken yapının bozulmasına sebebiyet verebilir, bu da büyük zararlar doğurur. Bu yorulmaya etkili bazı faktörler şunlardır:

- Malzeme
- Yapısal ayrıntılar (basınç yoğunluğu)

- Titreşim şekli
- Kaynak proseslerinin tatbiki
- Kullanılan üretim metodları
- Çevre (korozyon etkileri vb.)

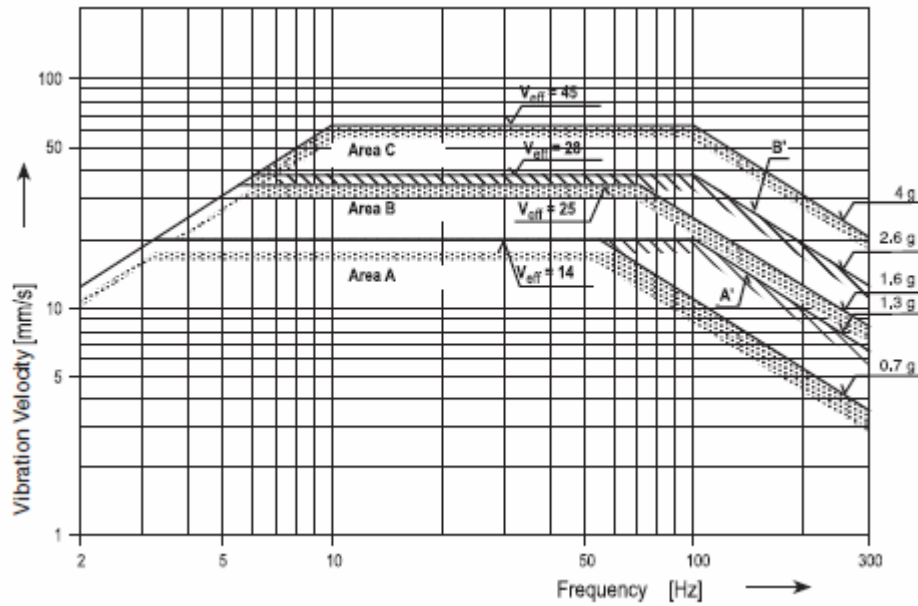


Şekil 4.2 Hız-frekans-deplasman-ivme grafiği [ISO 6954, 1984]

Şekil 4.2’de pekçok ölçümden sonra türetilmiş iki adet eğri gösterilmektedir. Bunlar lokal yapının titreşimle kırılması riskinin araştırılmasında yol gösterici olarak kullanılabilirler. Genlikler maksimum değerlerdir [GL Technology, 2001].

4.3 Makina ve Ekipman Titreşimleri

Geçmişte çeşitli standartlar makina titreşimleri konusuna değinmiş ve revize edilmişlerdir. Bu konuda geçmişte en çok bilinen standartlar olan VDI 2056 ve 2063, ISO 2372,2373 ve 3945 günümüzde terk edilmiştir. ISO 7919 ve 10816 günümüzde geçerliliği olan standartlardır. Bu standartlar Almanya’da da DIN ISO standartları olarak kabul edilmektedir.



Şekil 4.3 Sınıflandırılmış alanlarda olması gereken en büyük titreşim grafiği
[ISO 6954, 1984]

Şekil 4.3’ te Çizelge 4.1 de sınıflandırılmış alanlarda kullanılan makina ve ekipman titreşim limit eğrileri görülmektedir.

4.4 Doğal Frekansın Hesaplanması

Her malzeme kendini oluşturan atomik yapısı nedeniyle sürekli bir titreşim içerisindedir. Bu titreşime malzemenin doğal frekansı denir. Doğal frekans yapı tasarımı ve konstrüksiyon açısından çok büyük önem taşımaktadır. Eğer bir malzemeye doğal frekansı ölçütlerinde bir kuvvet uygulanır ise malzeme yıkıma

uğrar ve parçalanır. Bu nedenle malzemenin doğal frekansının belirlenmesi oldukça önemlidir [Howard, 1997].

Gemi yapısının dinamik davranışını belirlemek için gemi gövdesinin analizi yapılır. Böylece geminin kabuğuna etkiyen, geminin pervanesinin kavitasyonu ile da teşvik edilmiş, basınç sinyali genliği ve doğal frekansı belirlenir. Global titreşim analizi yapılırken geminin tüm bölgeleri detaylı bir şekilde analiz edilmez, sadece arka kısmına detaylı bir analiz yapılır. Bunun sebebi titreşimi meydana getiren ana unsurların çoğunlukla geminin arka kısmında olmasıdır. Dolayısıyla titreşimin etkileri çoğunlukla bu bölgede hissedilir.[Yücel, 2008, Ionas, 2008]

5. GEMİDE YAPILAN TİTREŞİM ÖLÇÜMÜ

Gemide yapılacak ölçüm öncesi, ölçüm yapılacak yerel bölgelerin seçimi, bu bölgelerde hangi alanlarda ve hangi noktalarda ölçüm yapılacak konulu bir ön plan çalışması yapılarak, uzman kişilerin deneyimlerinden de faydalanarak kritik olabilecek 19 nokta, gemi planı üzerinden tespit edilmiştir. Bu çalışma gereği ölçüm yapılacak yerel bölge olarak, gerek titreşimi meydana getiren ana unsurların geminin arkasında olmasından, gerekse titreşimin etkilerinin çoğunlukla geminin arkasında daha çok hissedilir olmasından dolayı ölçüm yapılacak yerel bölge, geminin arkası olarak seçilmiştir. Bu bölgede bulunan alanlar;

- Makina dairesi,
- Makina dairesi güverte platformu,
- Ana güverte,
- K1ç güverte,
- Bot güvertesi,
- Tayfa güvertesi,
- 1 nolu subay (zabıt) güvertesi,
- 2 nolu subay güvertesi,
- Kaptan güvertesi,
- Kaptan köşkü,

Olarak belirlenmiş ve bu bölgelerde kritik olabileceği düşünülen 19 nokta belirlenerek, önplanlama aşaması bitirilmiştir.

Gemide yapılan titreşim ölçümü gemi tam yolda yol alırken, üç eksenli bir ivme ölçer sensörü vasıtasıyla yapılmıştır. Bu üç eksenli ivme ölçer kullanılarak her noktadan 15 sn'lik ivme-zaman verisi alınmıştır. Bu ivme ölçer Şekil 5.1'de de

görüldüğü gibi, 2 cm'e 2 cm boyutlarında bir kübü andırmaktadır. Üç eksenli ivme ölçerin tespit edileceği noktalara sıcak silikon vasıtasıyla bu ivme ölçerin gövdesinde bulunan kızak yollarına girecek şekilde bir kızak sistemi zemine monte edilir ve daha sonra bu üç eksenli ivme ölçer kızağa monte edilerek ivme ölçer tespiti yapılmış olunur. Şekil 5.1'de de görüldüğü gibi ivme ölçerin üzerinde eksenler belirtilmiştir. Burada geminin pruvası 'Y', sancağı 'Z', dikeyi de 'X' eksenleri olarak alınmıştır.



Şekil 5.1 Üç eksenli ivme ölçer

Şekil 5.1'de de görüldüğü gibi üç eksenli ivme ölçerin üst kısmından bir kablo çıkmaktadır. Buradan çıkan kablo Şekil 5.2'de görüldüğü gibi bir yükselticiye bağlanarak alınan sinyaller yükseltilir.



Şekil 5.2 Sinyal yükseltici

Sinyal yükselticiden alınan yükseltilmiş titreşim sinyalleri bilgisayara aktarılarak ivme-zaman verileri elde edilir. Bu verilerin titreşim hızı-frekans verilerine dönüştürülmesi için FFT (Fast Fourier Transform – Fourier Dönüşümü) adı verilen bir ara program kullanılır. Bu programın kullanılmasının sebebi, ölçümün ivme ölçer ile yapılmasından dolayı elde edilen verinin ivme-zaman verisi olmasından ve bu verinin ISO 6954 te belirtilmiş ve tez içerisinde Şekil 4.2 olarak açıklanmış grafikte bulunan alt ve üst limit eğrileri ile karşılaştırma yapılabilmesi için, eldeki verinin titreşim hızı-frekans verileri olması gerekliliğindendir. Aşağıda gemide yapılan titreşim ölçümü ve değerleri gösterilmektedir.

5.1 Geminin Özellikleri

Çizelge 5.1’de ölçüm yapılan konteyner gemisinin özellikleri gösterilmektedir. Bu çizelgede de görüldüğü gibi gemi İstanbul liman kayıtlı M/V Reecon Eagle isimli koyner gemisidir. Yapımı üstlenen şirketin ismi Adik Shipyard’dır. Geminin baştan başa uzunluğu 145,6 m, genişliği 22,6m’ dir. Hızı 18 knot olarak tasarlanmış.

Çizelge 5.1 Ölçüm yapılan geminin özellikleri

Geminin Adı	M/V REECON EAGLE
Liman Kayıdı	İstanbul
IMO number	
Geminin Tipi	1000 TEU Container Vessel
Yapımcı	
Yapımcı Adı	ADIK Shipyard, Tuzla İstanbul, TURKEY
Yapım Yeri	İstanbul
Yapımcı Numarası	Hull No.207
Sınıf	BV
Gemi Boyutları	
Geminin Baştan Başa Uzunluğu (LOA)	145.60 m
Gemi Boyu (LBP)	134.28 m
Gemi Genişliği	22.60 m
Gemi Derinliği	11.30 m
Geminin Çektiği Su	8.40 m
Tasarım Hızı	18 knots

5.2 Makina Özellikleri

Çizelge 5.2’de tahrik makinası özellikleri gösterilmektedir. Gösterildiği tahrik makinasının imalatçısı MAN B&W, tipi 6S50 MC-C, en yüksek sürekli gücü 9480 kW, rpm’i 127, pervane tipi CPP ve pervane çapı 5,4 m’ dir.

Çizelge 5.2 Tahrik makinası özellikleri

Tahrik Makinası	
İmalatçı	MAN B&W
Tip	6S50 MC-C
Unite Sayısı	1
En Yüksek Sürekli Güç	9480 kW
Makina rpm	127
Pervane Tipi	CPP
Pervane Çapı	5.4 m (4 bladed)
Pervane Sayısı	1
Makina Dönüş Hissi	Sol

Çizelge 5.3’te yardımcı makina özellikleri gösterilmektedir. Buna göre Yanmar’a ait 6N21AL-EV tipli, 900 kW gücünde ve 1800 rpm’li jeneratör yardımcı makina olarak kullanılmaktadır.

Çizelge 5.3 Yardımcı makina özellikleri

Yardımcı Makina (Jeneratör)		
Makina Numarası	3	
Yapımcı	YANMAR	
Tip	6N21AL-EV	
Güç	900	kW
Devir	1800	RPM

5.3 Ölçülendirme Koşulları

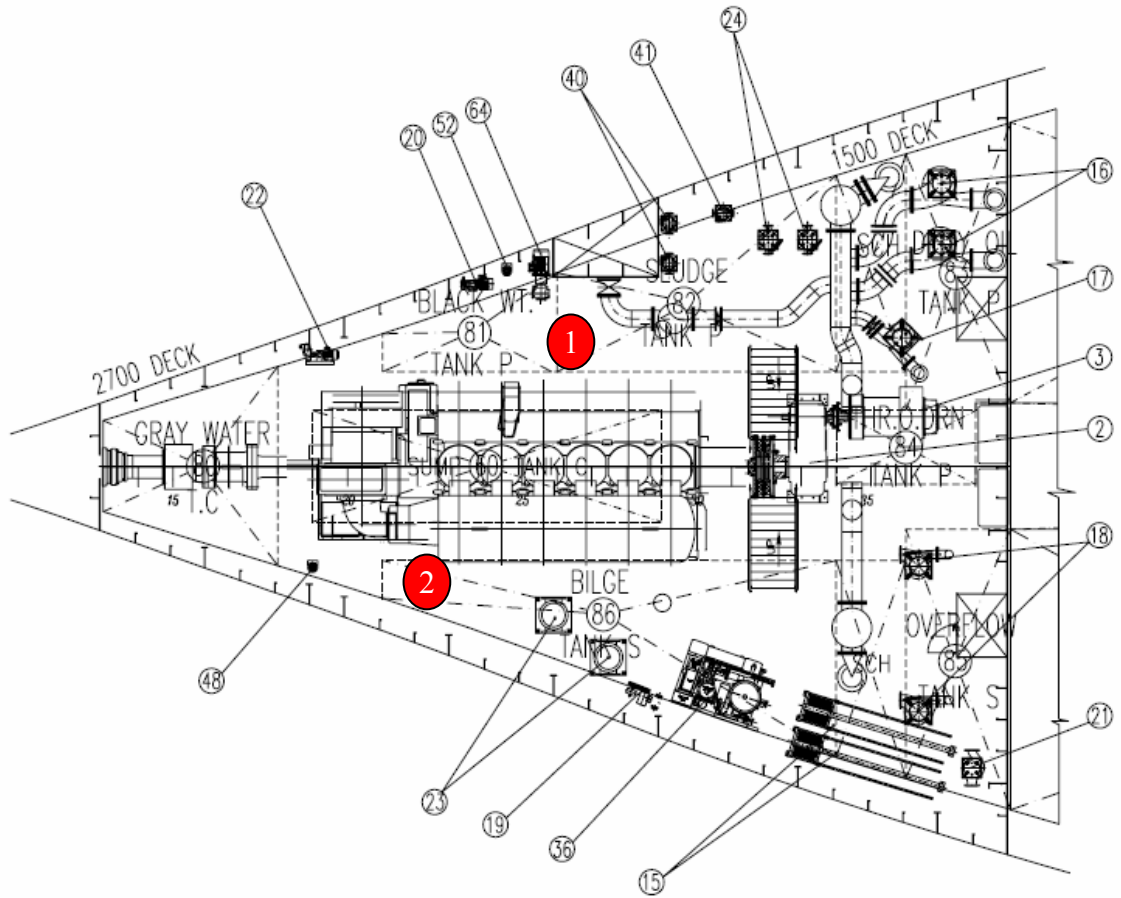
Çizelge 5.4' te ölçüm esnasında ölçüm yapılan geminin koşulları gösterilmektedir. Buna göre ölçüm sırasında geminin önden çektiği su 4.4 m, arkadan çektiği su 5.6 m, rüzgar gücü ve deniz durumu ılık, gemi tam yoldadır.

Çizelge 5.4 Ölçülendirme koşulları

Koşullar	
Önden Geminin Çektiği Su	4.4 m
Arkadan Geminin Çektiği Su	5.6 m
Geminin Omurgası Altındaki Su Derinliği	100 m den Derin
Gemi Rotası	270°
Hava Koşulları	
Rüzgar Gücü (Doğrudan + Hız)	Ilık
Denizin Durumu	Ilık
Performans	
İtici Makina Gücü	9840 kW(100% MCR)
Ana Makina / Pervane rpm	127 rpm/127 rpm
İtici Makina İşletme Numarası	1
Yardımcı Ekipman	
Dizel Yardımcı Makina İşletme Numarası	1
Diğer Yardımcı Ekipman Çalıştırma	
Şaft Jeneratörü	N/A (Çalışmıyor)
Havalandırma	Çalışıyor
Makina Odası Fanları	Çalışıyor
AC	Çalışıyor

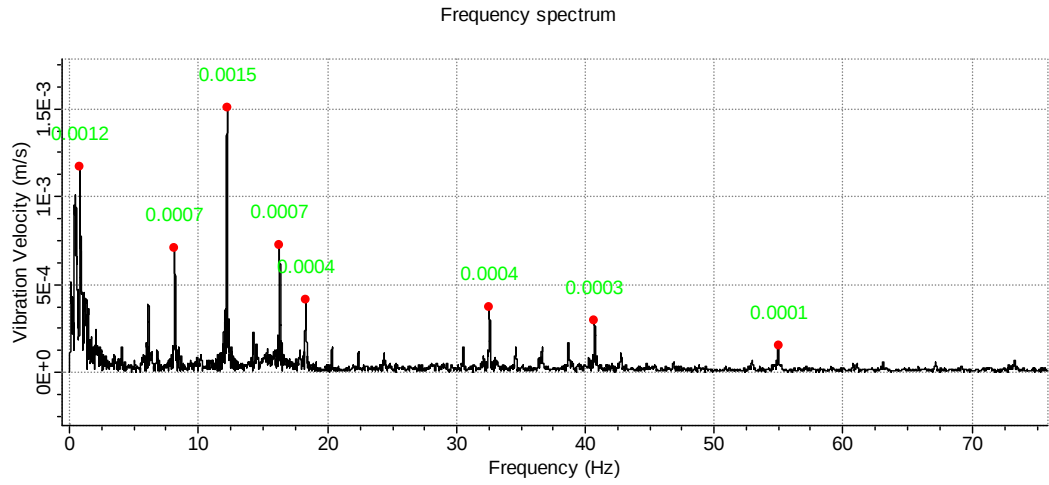
5.4 Makina Dairesi Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları

Şekil 5.3 'te ölçüm yapılan geminin makina dairesi bölümü teknik resmi görülmektedir. Makina dairesinde ölçüm yapılacak noktaların ana makinanın her iki yanında olması uygun görülmüştür. Bu yüzden Şekil 5.3 'te de görüldüğü gibi 1 ve 2 noktaları ölçüm noktaları olarak belirlenmiştir.



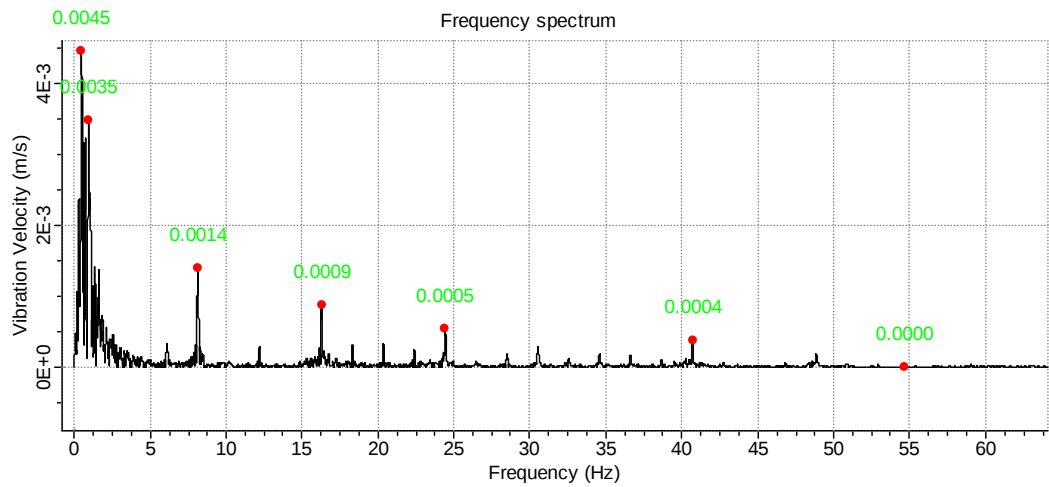
Şekil 5.3 Makina dairesi 1 ve 2 nolu ölçüm noktaları

Şekil 5.3 'te gösterilen 1 noktasından elde edilen X eksenine ait değerler grafiği Şekil 5.4 'te, Z eksenine ait değerler grafiği Şekil 5.5' te, Y eksenine ait değerler grafiği Şekil 5.6' da gösterilmiştir.



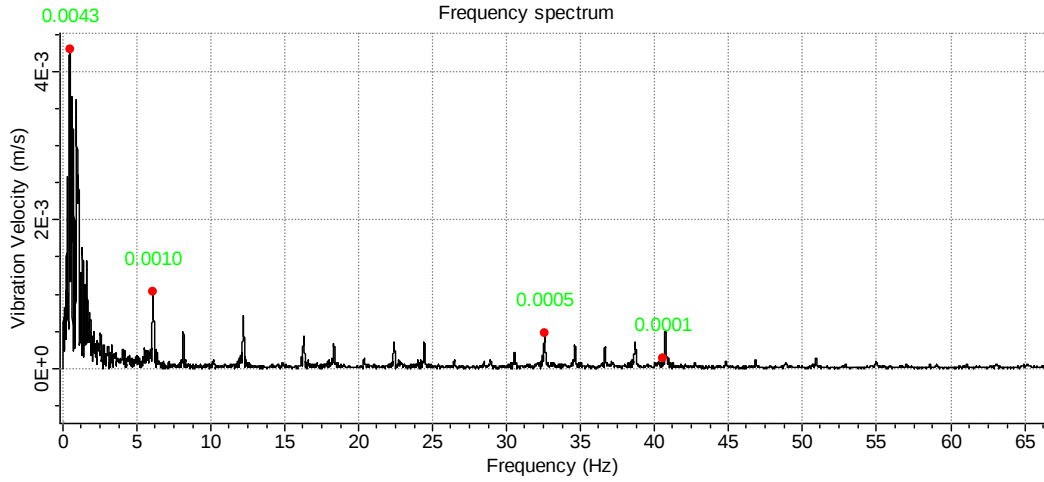
Şekil 5.4 Makina dairesi dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (1.nolu nokta)

Şekil 5.4 te 1 nolu noktanın X eksenine ait titreşim hızı-frekans grafiği görülmektedir. Bu grafikte görüldüğü gibi 1 nolu ölçüm noktasında ölçüm yapıldığında 1-5 Hz arasında oluşan bir tek tepe noktası değeri 1,2 mm/s dir, değerlendirme yapılırken bu değer gözönünde tutulacaktır.. 5-80 Hz arası sırasıyla 2, 1,5 mm/s, 0,7 mm/s, 0,4 mm/s, 0,3 mm/s ve 0,1 mm/s tepe noktaları değerleri ölçülmüştür. Değerlendirme yapılırken bu değerler arasından en yüksek tepe noktası değeri olan 1,5 mm/s değeri gözönüne alınacaktır.



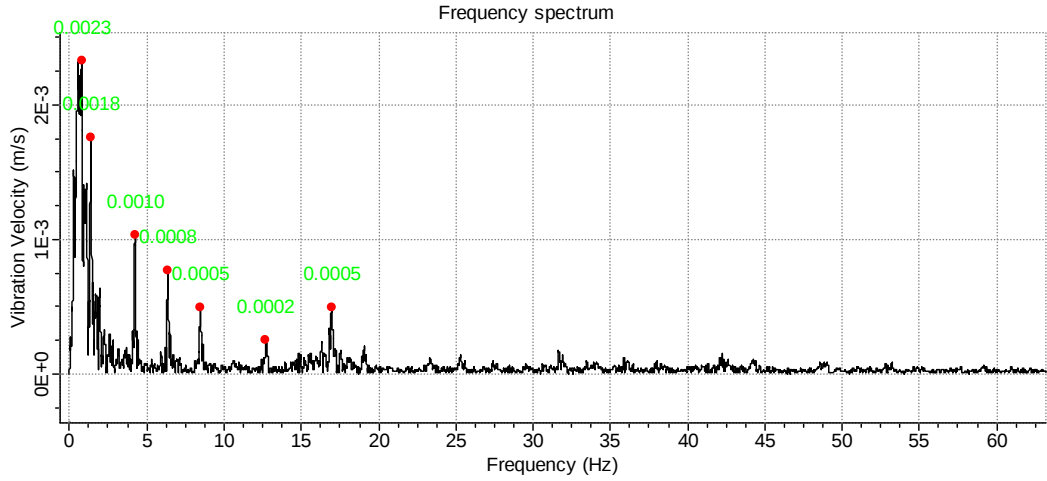
Şekil 5.5 Makina dairesi yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (1.nolu nokta)

Şekil 5.5’ de 1 nolu noktanın Z eksenine ait titreşim hızı- frekans grafiği görülmektedir. Elde edilen tepe noktalarına bakıldığında 1-5 Hz arası iki tepe değerinin tespit edildiği görülmektedir. Bunlar 4,5 mm/s ve 3,5 mm/s değerleridir. Burada en yüksek tepe noktası değeri olan 4,5 mm/s değeri değerlendirmeye alınacaktır. Yine bu garafikte 5-80 Hz arası değerlere bakıldığında en yüksek tepe noktası değerinin 1,4 mm/s olduğu görülmektedir.



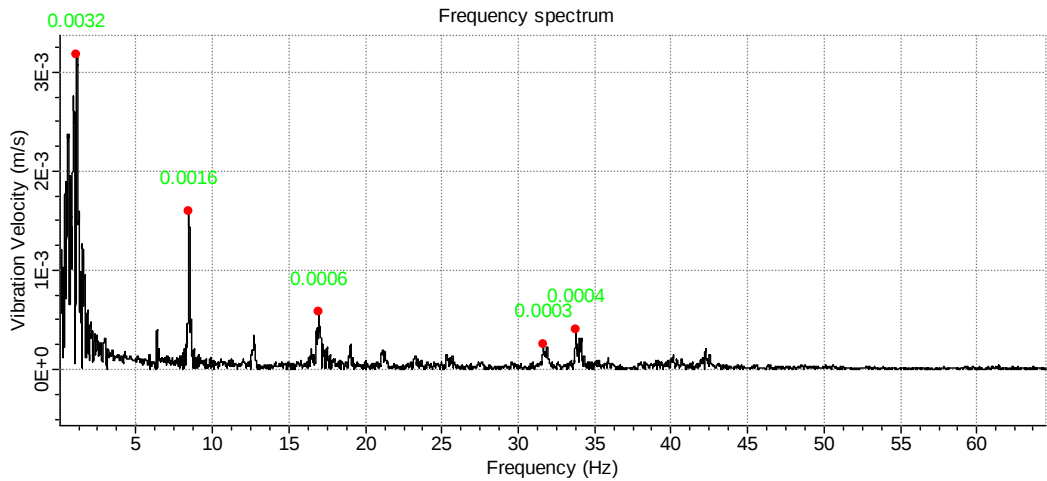
Şekil 5.6 Makina dairesi transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (1.nolu nokta)

Şekil 5.6’da 1 nolu noktanın Y eksenine ait titreşim hızı- frekans grafiği görülmektedir. Buna göre grafikteki değerlere bakıldığında 1-5 Hz arası bir tepe değeri ölçüldüğü ve bu değer de 4,3 mm/s olduğu görülmektedir. Dolayısıyla değerlendirme yapılırken bu değer gözönüne alınacaktır. 5-80 Hz arası değerlere bakıldığında en yüksek tepe değerinin 1 mm/s olduğu görülmektedir.



Şekil 5.7 Makina dairesi dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (2.nolu nokta)

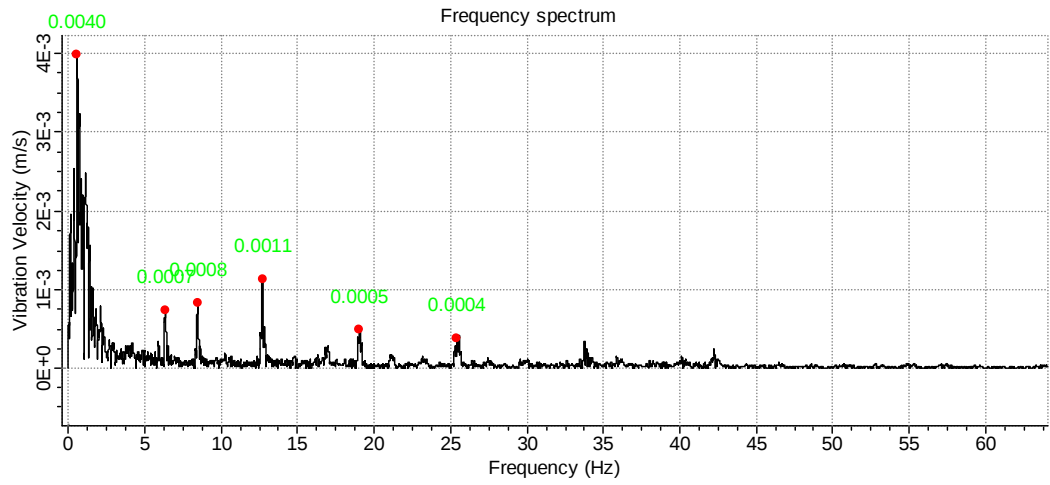
Şekil 5.7’ de 2 nolu noktanın X ekseninin titreşim hızı- frekans grafiği görülmektedir. Bu grafikte 1-5 Hz aralığındaki titreşim hızı tepe değerlerine bakıldığında üç değer elde edildiği görülmektedir. Bu değerler 2,3 mm/s, 1 mm/s, 0,1 mm/s’ dir. Bu değerlerden elde edilen en yüksek tepe noktası değeri 2,3 mm/s olduğundan bu değer değerlendirmeye alınacaktır.



Şekil 5.8 Makina dairesi yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (2.nolu nokta)

Şekil 5.8’de makina dairesinde ölçüm yapılan 2 nolu noktanın Z eksenine ait titreşim hızı- frekans grafiği görülmektedir. Bu noktada yapılmış ölçüm neticesinde elde edilen bu grafikteki değerlere bakıldığında 1-5 Hz arasında bir tek tepe noktasının ölçüldüğünü, o değerinde 3,2 mm/s olduğu görülmektedir. Dolayısı ile

sadece bu değer değerlendirilmeye alınacaktır. 5-80 Hz arası değerlerde ise ölçülen en yüksek tepe noktası değerinin 1 mm/s olduğu görölmektedir.

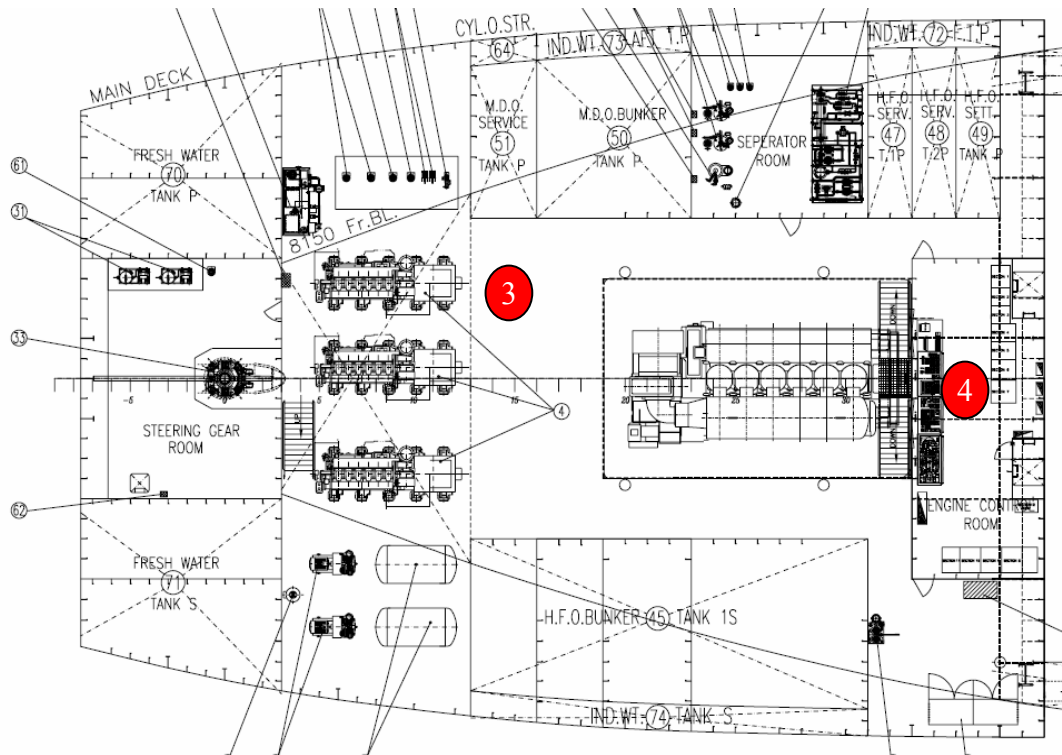


Şekil 5.9 Makina dairesi transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (2.nolu nokta)

Şekil 5.9’ da makina dairesinde ölçüm yapılan 2 nolu noktanın Y eksenine ait titreşim hızı- frekans grafiği görölmektedir. Ölçüm neticesinde elde edilen tepe noktası değerlerinin 1-5 Hz arasında 4,3 mm/s, 5-80 Hz arasında en yüksek değerin 1,1 mm/s olduğu görölmektedir.

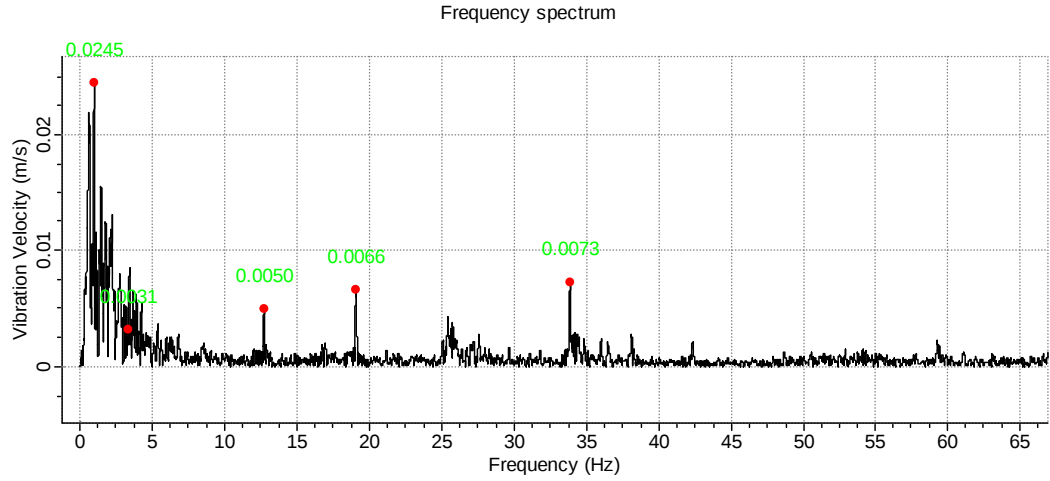
5.5 Makina Dairesi Güverte Platformu Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları

Şekil 5.10' da makina dairesi güverte platformu teknik resmi görülmektedir. Ölçüm öncesi bu resim üzerinde yapılan çalışmada ana makina üzerine gelen noktada ve açıklığın tam ortasında yapısal titreşimin oluşma riskinin fazla olmasından dolayı gösterilen 3 ve 4 noktaları ölçüm yapılacak noktalar olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.10 Makina dairesi güverte platformu 3 ve 4 nolu ölçüm noktaları

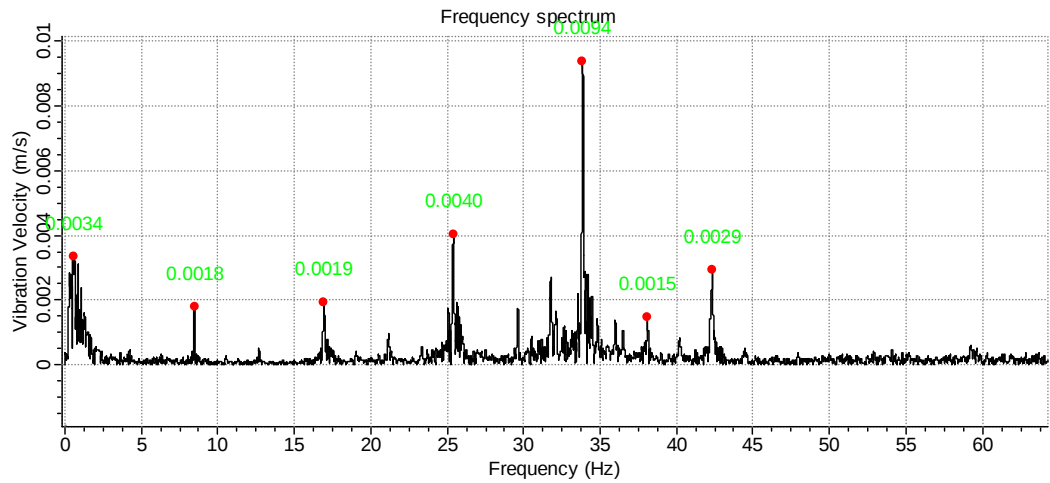
Yapılan ölçüm neticesinde 3 noktasının X eksenine ait titreşim hızı- frekans grafiği ve değerleri şekil 5.11' de gösterilmektedir. Buna göre 1-5 Hz aralığında 24,5 mm/s ve 3,1 mm/s olmak üzere iki tepe noktası değeri tespit edilmiştir. Değerlendirmeye en yüksek değer olan 24,5 mm/s değeri alınmıştır. 5-80 Hz arası değerlere bakıldığında en yüksek tepe değeri olarak 7,3 mm/s titreşim hızı değeri ölçülmüştür.



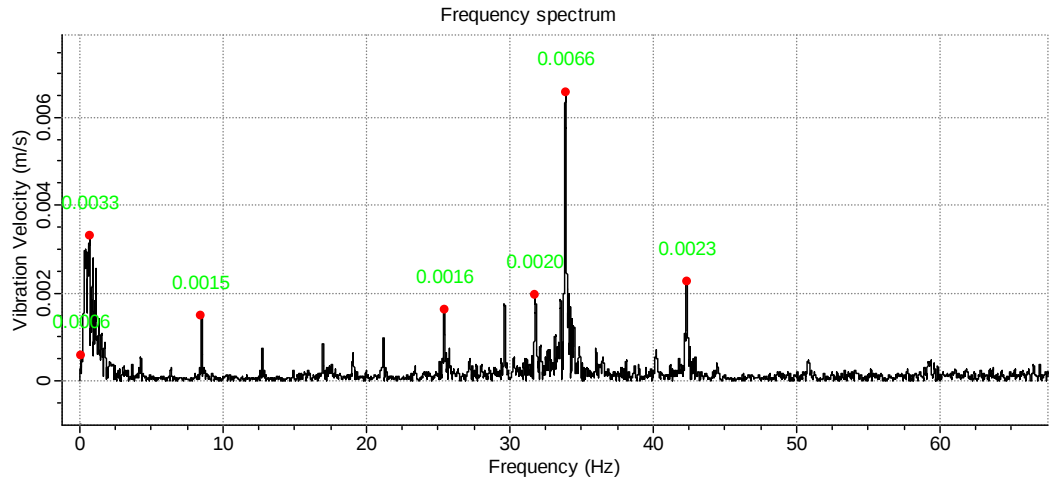
Şekil 5.11 Makina dairesi güverte platformu dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (3.nolu nokta)

Şekil 5.12’ de 3 noktasının Z eksenine ait titreşim hızı-frekans ölçüm değerleri grafiği görülmektedir. Yapılan ölçüm neticesinde 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası değeri olarak 3,4 mm/s ve 5-80 Hz aralığında 9,4 mm/s titreşim hızı değerleri ölçülmüştür.

Şekil 5.13’ de 3 noktasının Y eksenine ait titreşim hızı-frekans ölçüm değerleri grafiği görülmektedir. 1-5 Hz aralığında ölçülen en yüksek tepe noktası değeri 3,3 mm/s ve 5-80 Hz aralığında ölçülen en yüksek tepe noktası değeri 6,6 mm/s ‘ dir.

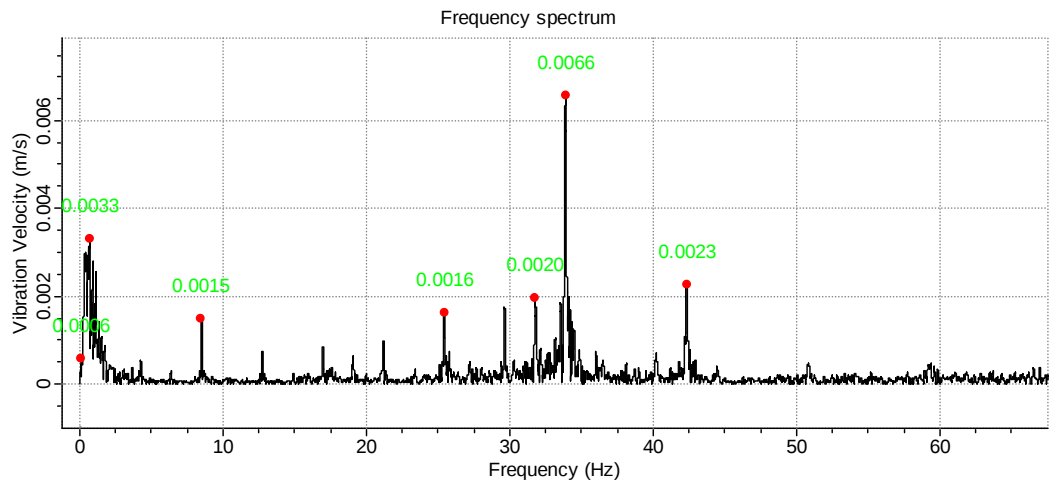


Şekil 5.12 Makina dairesi güverte platformu yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (3.nolu nokta)



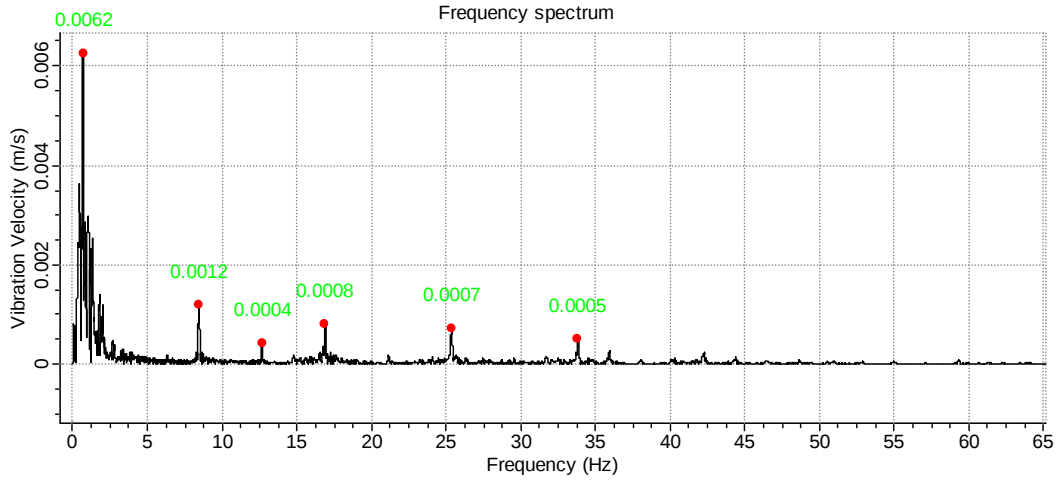
Şekil 5.13 Makina dairesi güverte platformu transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (3.nolu nokta)

Şekil 5.14' te ölçüm yapılan 4 nolu noktanın X eksenine ait değerlerin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmektedir. Grafikte 1-5 Hz aralığında titreşim hızı en yüksek tepe değeri olarak 3,3 mm/s ölçülmüştür. 5-80 Hz arasında ise en yüksek titreşim hızı değeri 6,6 mm/s olarak ölçülmüştür.



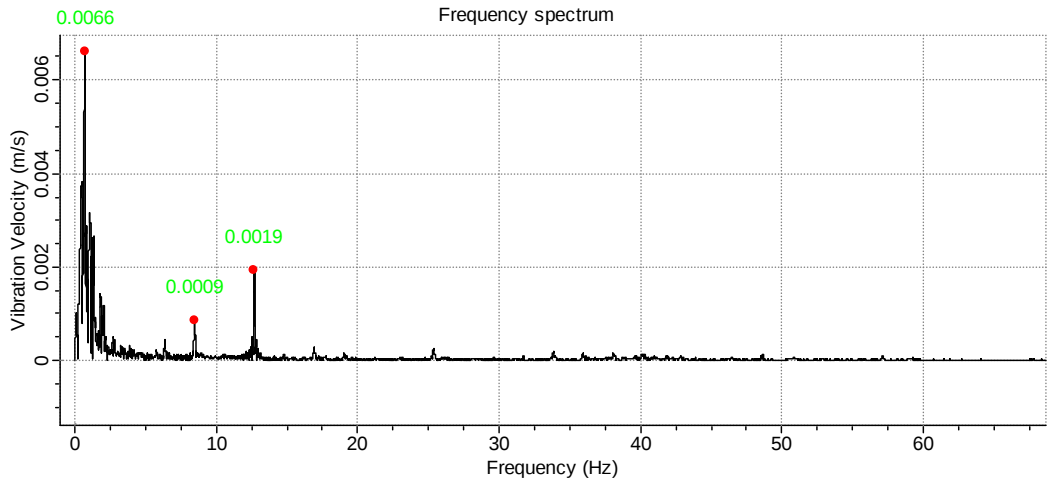
Şekil 5.14 Makina kontrol odası dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (4.nolu nokta)

Şekil 5.15’ de 4 nolu noktanın Z ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. Buna göre 1-5 Hz aralığında titreşim hızı en yüksek değeri 6,2 mm/s, 5-80 Hz arası ise 1,2 mm/s olarak ölçülmüştür.



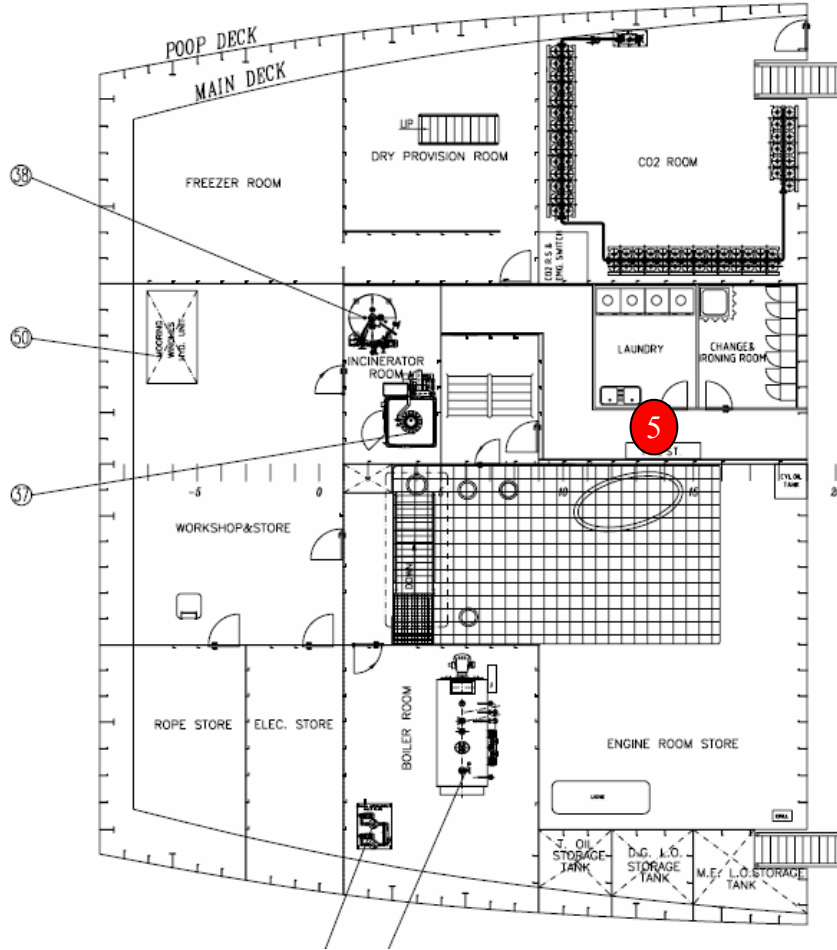
Şekil 5.15 Makina kontrol odası yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (4.nolu nokta)

Şekil 5.16’ da 4 nolu noktanın Y ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 6,6 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 1,9 mm/s olarak ölçülmüştür.



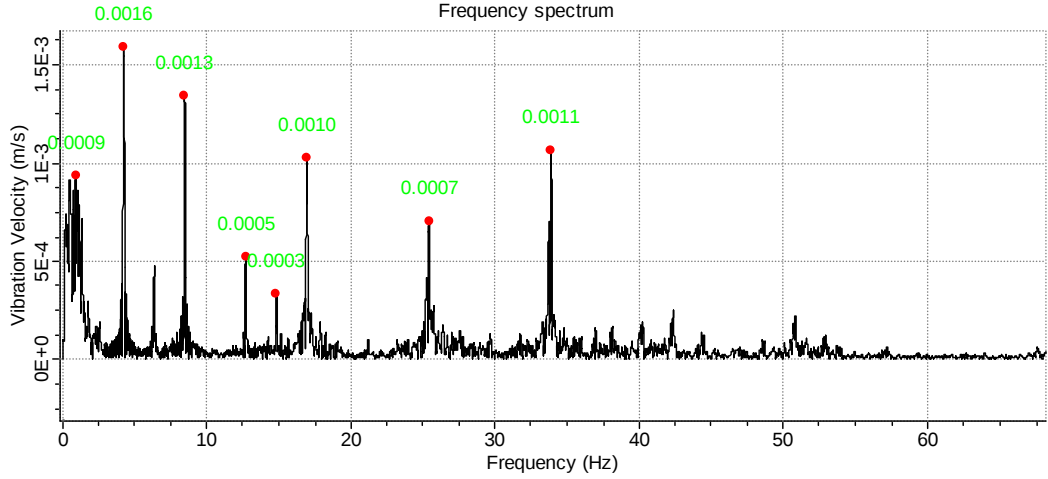
Şekil 5.16 Makina kontrol odası transfer titreşim hızı ölçüm değerleri(4.nolu nokta)

5.6 Ana Güverte Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları



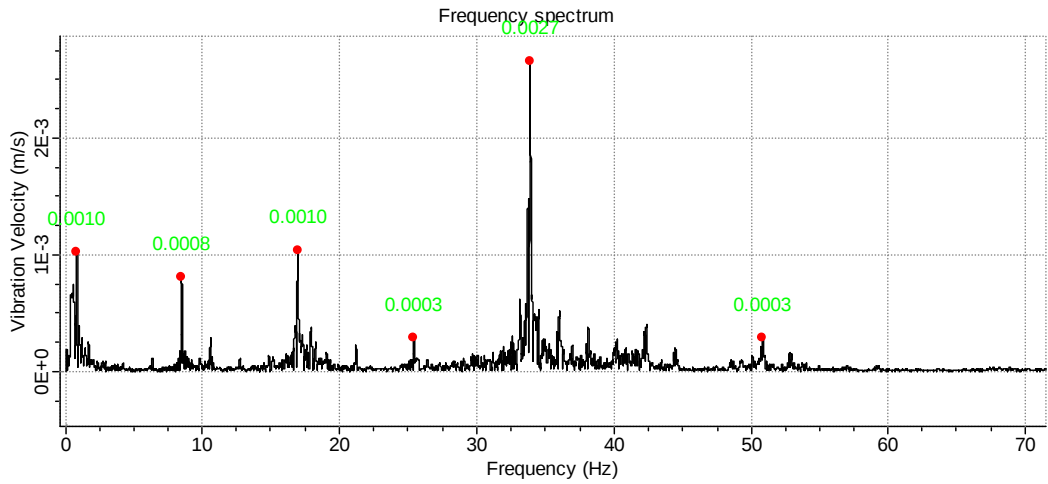
Şekil 5.17 Ana güverte 5 nolu ölçüm noktası

Şekil 5.17’ de ana güverte teknik resmi görülmektedir. Ölçüm öncesi bu resim üzerinde yapılan çalışmada açıklığın tam ortasında yapısal titreşimin oluşma riskinin fazla olmasından dolayı gösterilen 5 noktası ölçüm yapılacak nokta olarak belirlenmiştir. Bu noktanın ölçümü ana güvertede koridor üzerinden yapılmıştır.



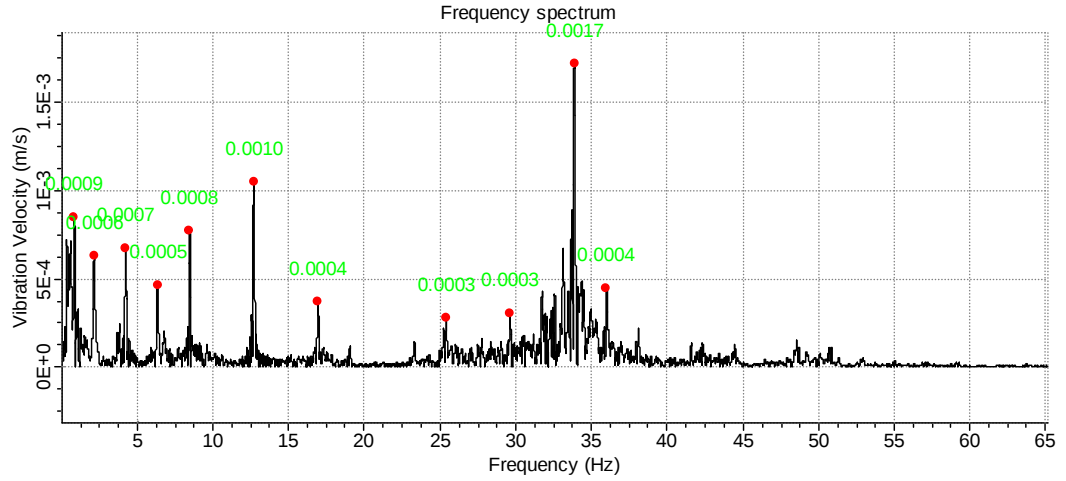
Şekil 5.18 Ana güverte, koridor dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (5.nolu nokta)

Şekil 5.18’ de 5 nolu nokta üzerinde yapılan ölçümün X eksenindeki titreşim hızı- frekans değerlerinin grafiği görülmektedir. Bun göre 1-5 Hz arası en yüksek tepe noktası değeri 1,6 mm/s’ dir. 5-80 Hz aralığında ise 1,2 mm/s olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.19 Ana güverte, koridor yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (5.nolu nokta)

Şekil 5.19’ da 5 nolu noktanın Z ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 1 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 2,2 mm/s olarak ölçülmüştür.

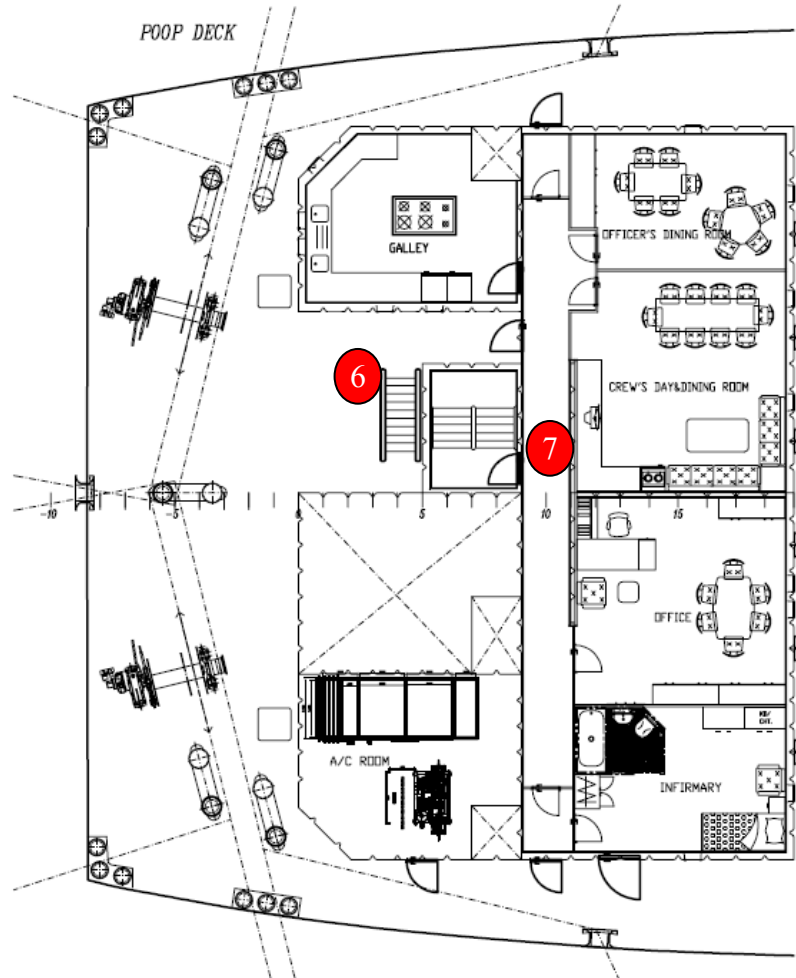


Şekil 5.20 Ana güverte, koridor transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (5.nolu nokta)

Şekil 5.20' de ölçüm yapılan 5 nolu noktanın Y eksenine ait değerlerin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmektedir. Grafikte 1-5 Hz aralığında titreşim hızı en yüksek tepe değeri olarak 0,9 mm/s ölçülmüştür. 5-80 Hz arasında ise en yüksek titreşim hızı değeri 1,7 mm/s olarak ölçülmüştür.

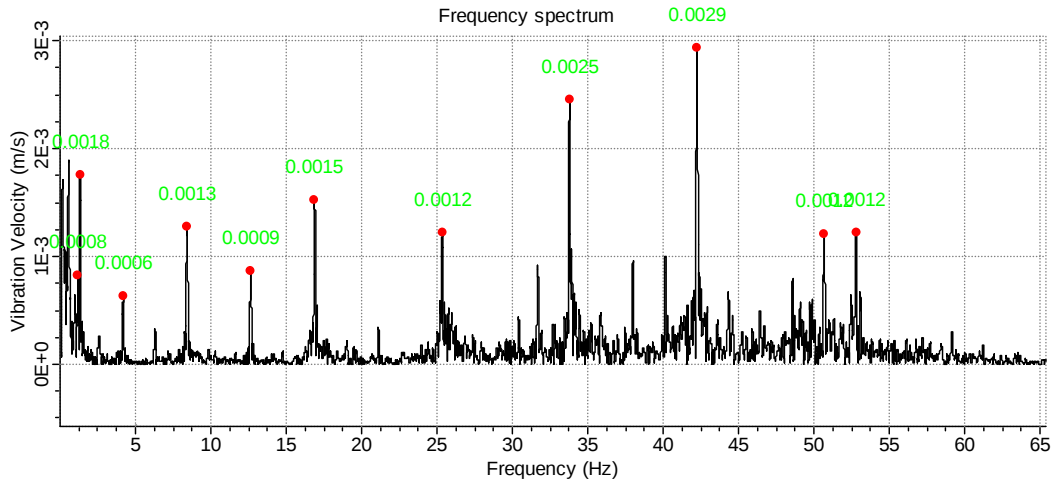
5.7 Kıç Güverte Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları

Şekil 5.21’ de kıç güverte teknik resmi görülmektedir. Ölçüm öncesi bu resim üzerinde yapılan çalışmada açıklığın tam ortasında yapısal titreşimin oluşma riskinin fazla olmasından dolayı resimde gösterilen 7 noktası üzeri ölçüm yapılacak nokta olarak belirlenmiştir. Bu noktanın ölçümü kıç güvertede koridor üzerinden yapılmıştır. Diğer bir nokta olarak ana makina üzerine gelen 6 noktası belirlenmiş ve bu nokta üzerinde ölçüm yapılmıştır.

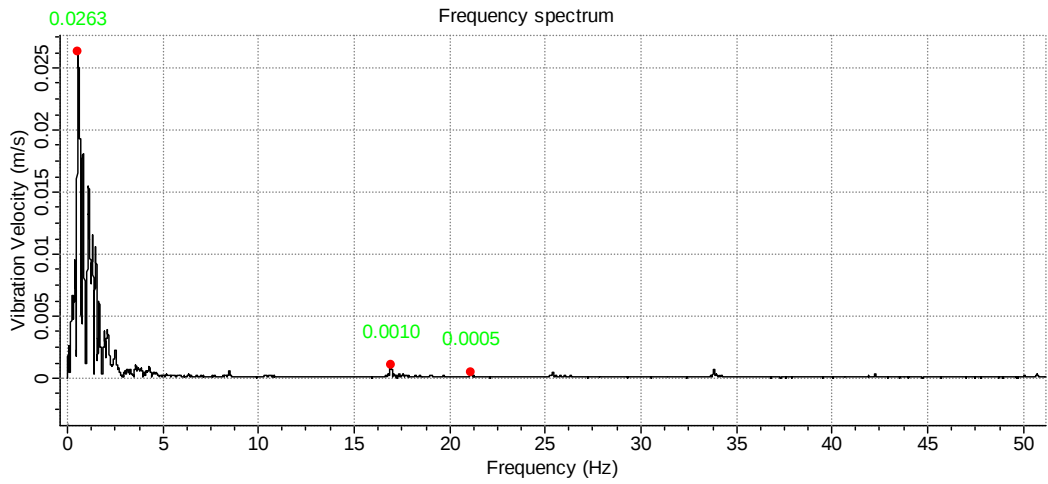


Şekil 5.21 Kıç güverte 6 ve 7 nolu ölçüm noktaları

Şekil 5.22’ de ölçüm yapılan 6 nolu noktanın X eksenine ait değerlerin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmektedir. Grafikte 1-5 Hz aralığında titreşim hızı en yüksek tepe değeri olarak 1,8 mm/s ölçülmüştür. 5-80 Hz arasında ise en yüksek titreşim hızı değeri 2,9 mm/s olarak ölçülmüştür.

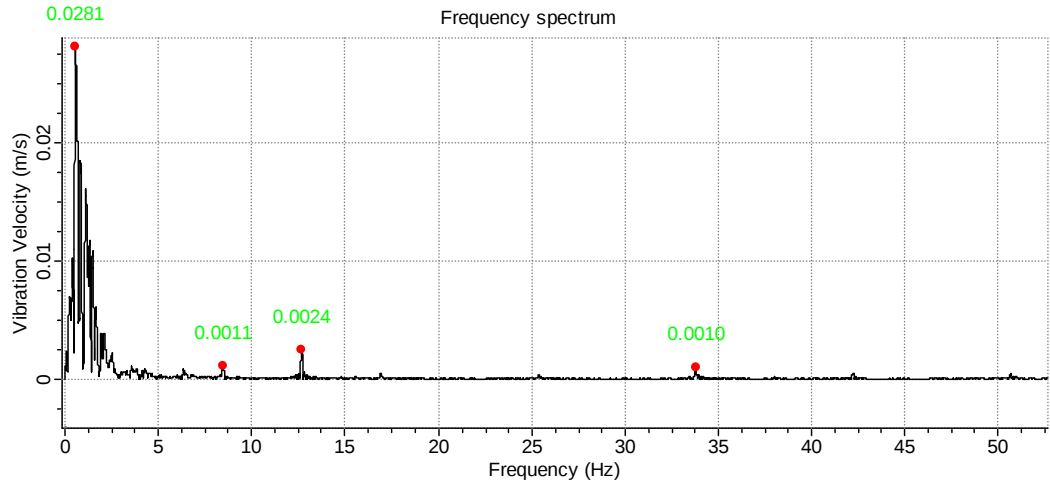


Şekil 5.22 K1ç güverte dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (6.nolu nokta)



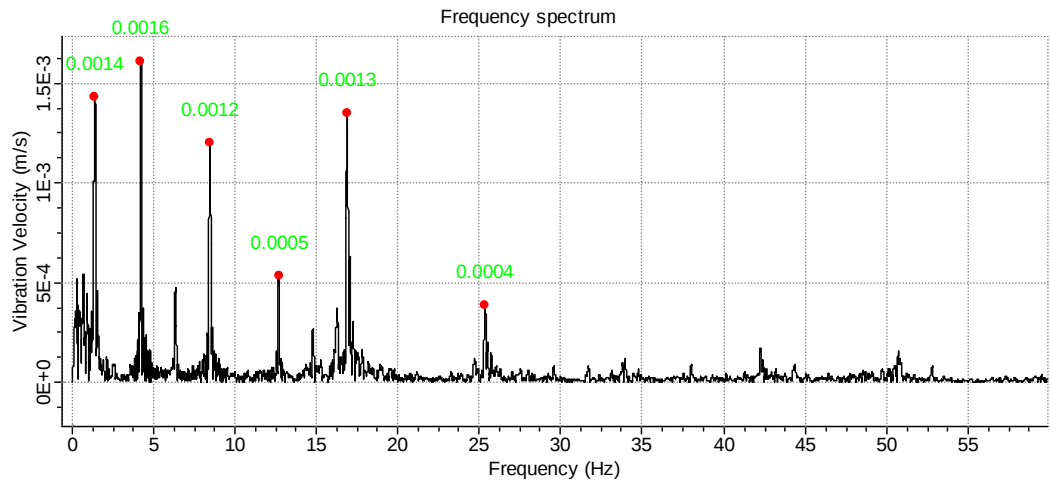
Şekil 5.23 K1ç güverte yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (6.nolu nokta)

Şekil 5.23’ de 6 nolu noktanın Z ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 28,3 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 0,1 mm/s olarak ölçülmüştür.



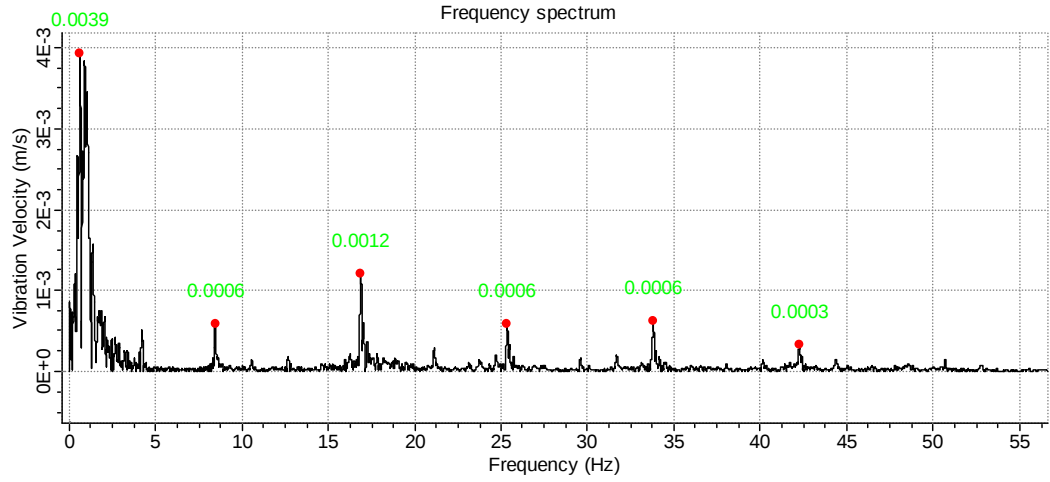
Şekil 5.24 K1Ç güverte transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (6.nolu nokta)

Şekil 5.24’ de ölçüm yapılan 6 nolu noktanın Y eksenine ait değerlerin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmektedir. Grafikte 1-5 Hz aralığında titreşim hızı en yüksek tepe değeri olarak 28,1 mm/s ölçülmüştür. 5-80 Hz arasında ise en yüksek titreşim hızı değeri 2,4 mm/s olarak ölçülmüştür.



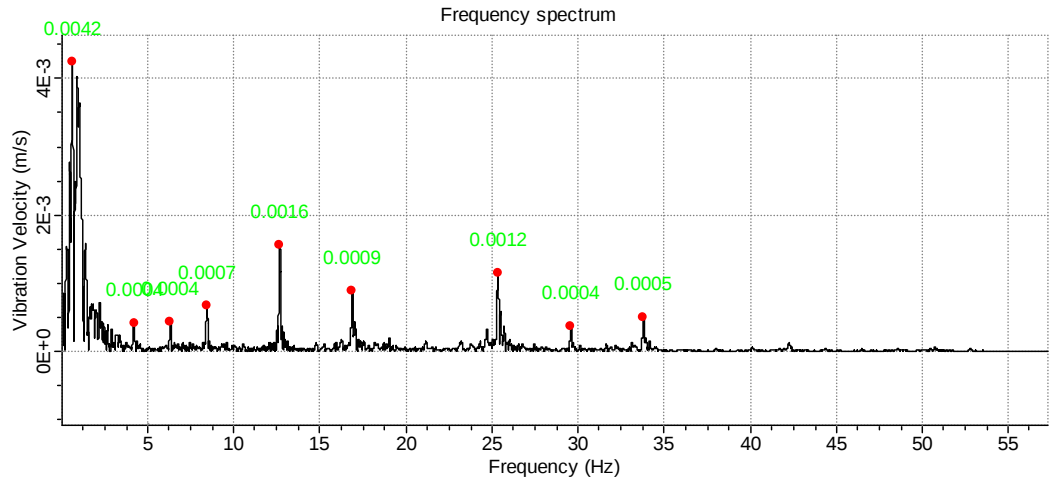
Şekil 5.25 K1Ç güverte, koridor dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (7.nolu nokta)

Şekil 5.25’ de 7 nolu noktanın X ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 1,6 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 1,3 mm/s olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.26 K1ç güverte, koridor yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (7.nolu nokta)

Şekil 5.26' da 7 nolu noktanın Z ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 3,9 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 1,2 mm/s olarak ölçülmüştür.

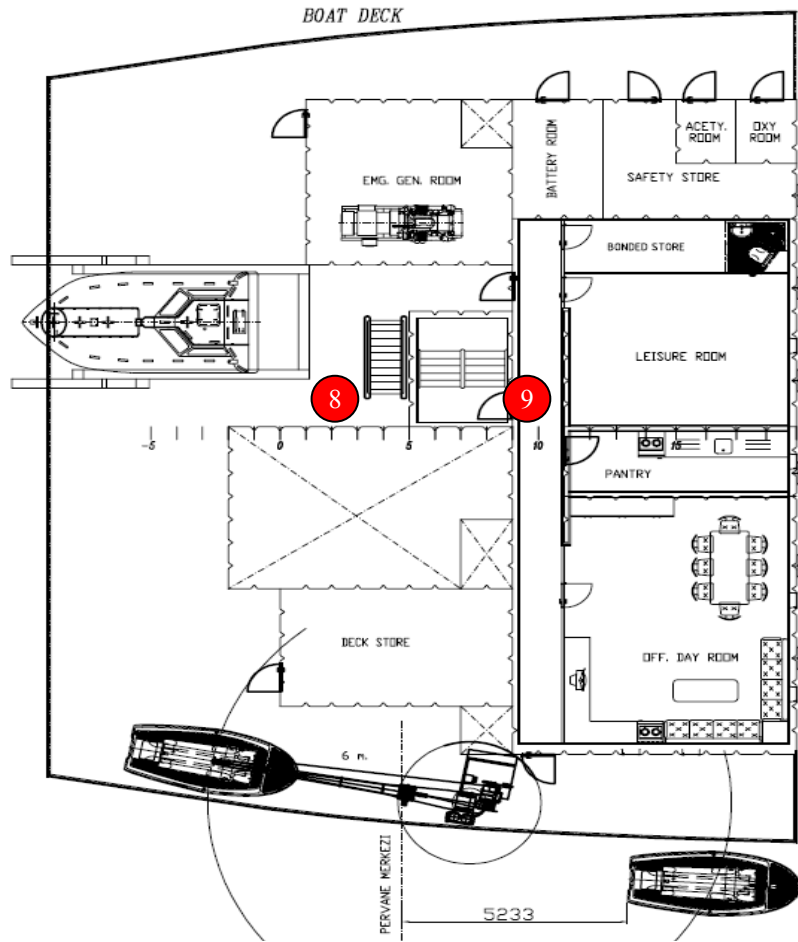


Şekil 5.27 K1ç güverte, koridor transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (7.nolu nokta)

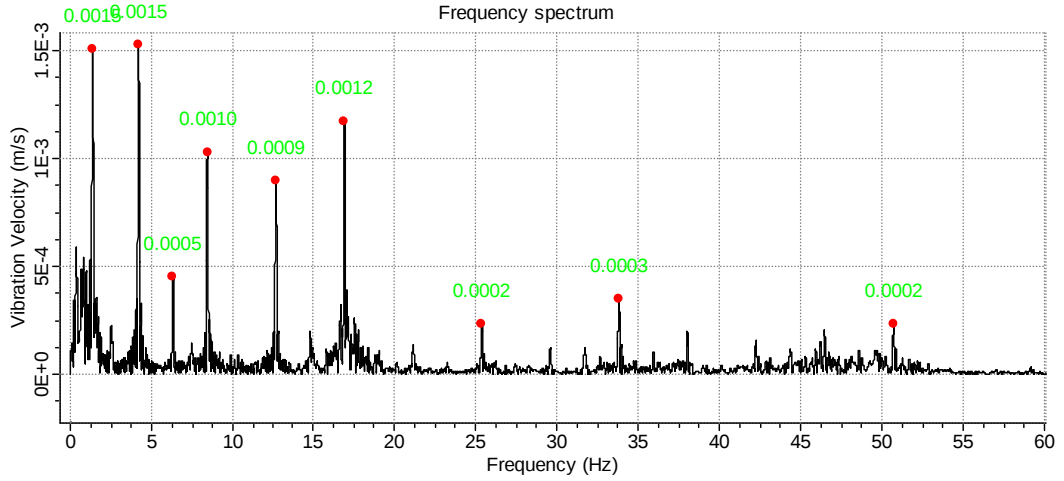
Şekil 5.27' de 7 nolu noktanın Y ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 4,2 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 1,6 mm/s olarak ölçülmüştür.

5.8 Bot Güvertesi Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları

Şekil 5.28’ de bot güvertesinin teknik resmi görülmektedir. Ölçüm öncesi bu resim üzerinde yapılan çalışmada açıklığın tam ortasında yapısal titreşimin oluşma riskinin fazla olmasından dolayı resimde gösterilen 9 noktası üzeri ölçüm yapılacak nokta olarak belirlenmiştir. Bu noktanın ölçümü bot güvertesinde koridor üzerinden yapılmıştır. Diğer bir nokta olarak ana makina üzerine gelen 8 noktası belirlenmiş ve bu nokta üzerinde ölçüm yapılmıştır.

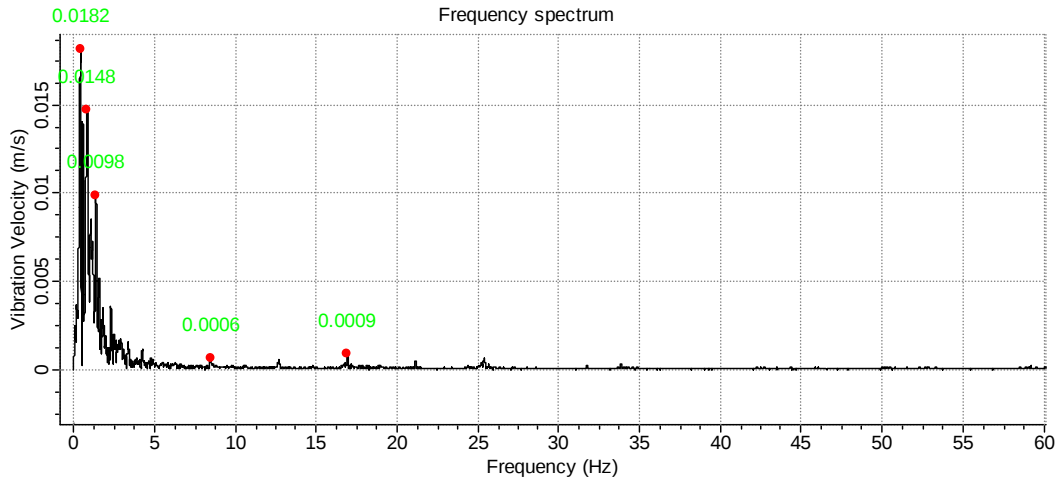


Şekil 5.28 Bot güvertesi 8 ve 9 nolu ölçüm noktaları



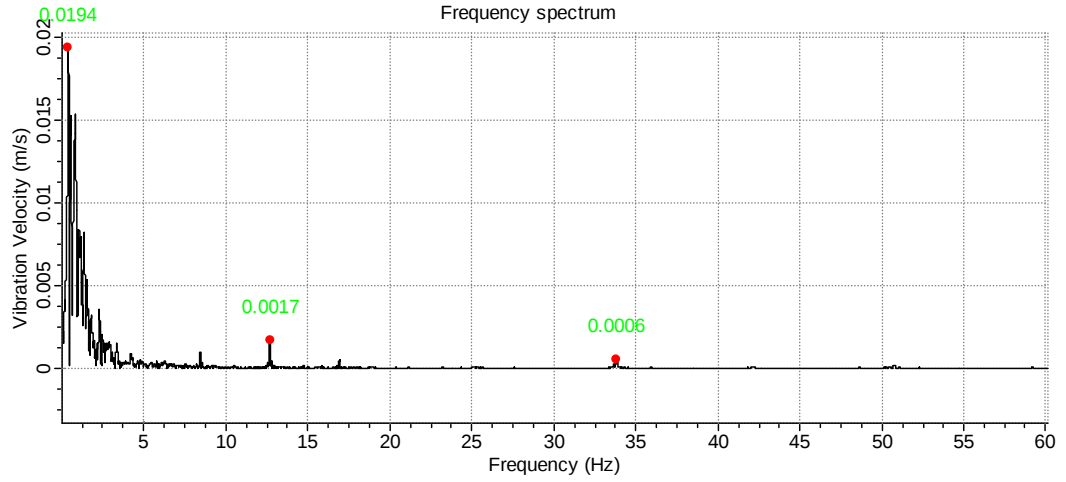
Şekil 5.29 Bot güvertesi dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (8.nolu nokta)

Şekil 5.29’ da ölçüm yapılan 8 nolu noktanın X eksenine ait değerlerin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmektedir. Grafikte 1-5 Hz aralığında titreşim hızı en yüksek tepe değeri olarak 1,5 mm/s ölçülmüştür. 5-80 Hz arasında ise en yüksek titreşim hızı değeri 1,2 mm/s olarak ölçülmüştür.



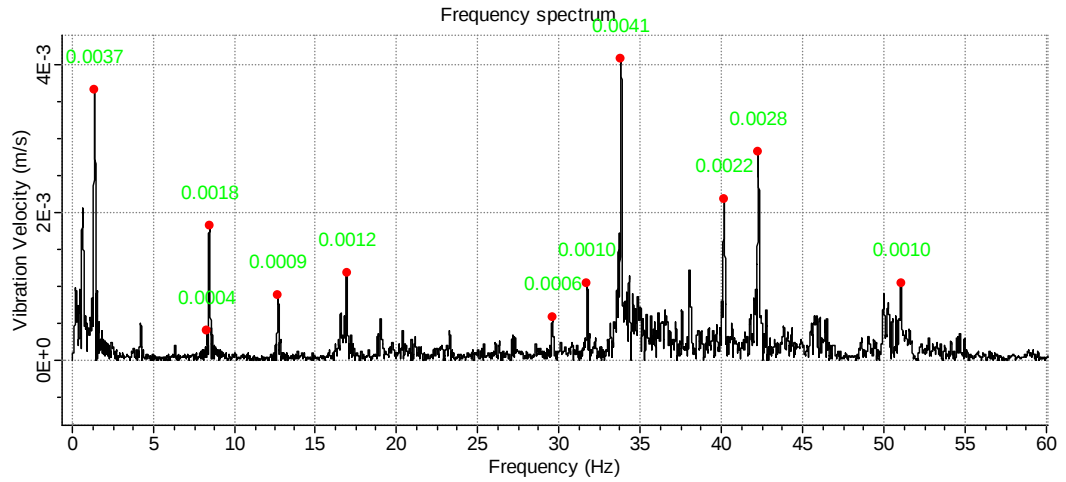
Şekil 5.30 Bot güvertesi yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (8.nolu nokta)

Şekil 5.30’ da 8 nolu noktanın Z ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 18,2 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 0,9 mm/s olarak ölçülmüştür.



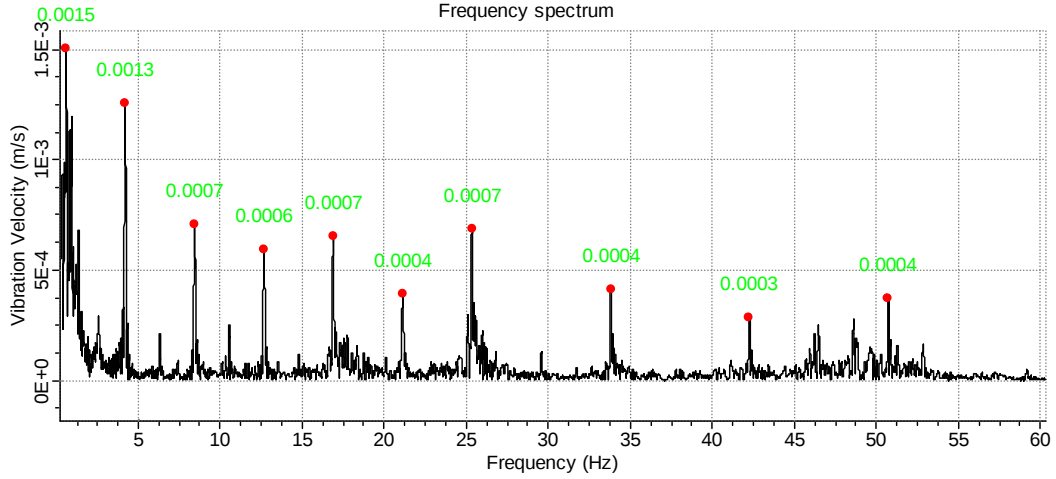
Şekil 5.31 Bot güvertesi transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (8.nolu nokta)

Şekil 5.31’ de 8 nolu noktanın Y ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 19,4 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 1,7 mm/s olarak ölçülmüştür.



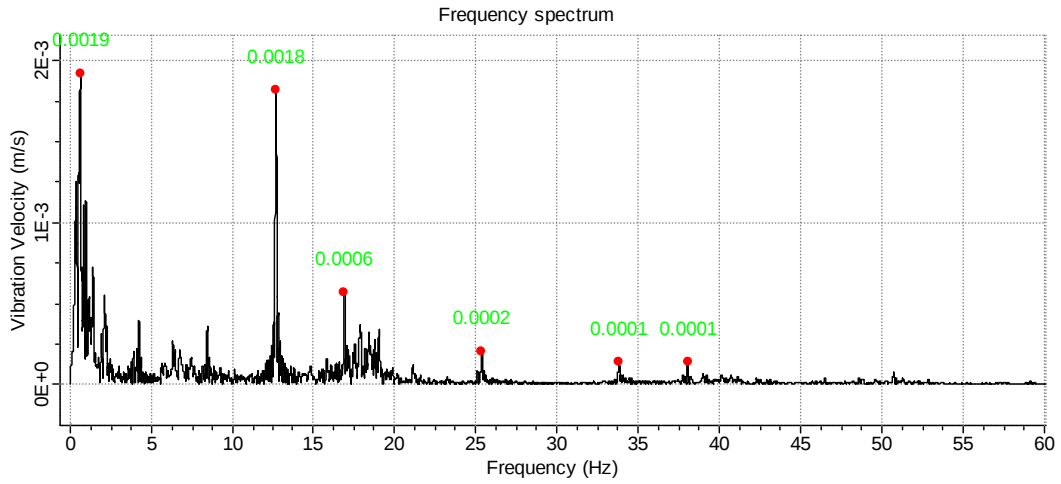
Şekil 5.32 Bot güvertesi, koridor dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (9.nolu nokta)

Şekil 5.32’ de 9 nolu noktanın X ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 3,7 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 4,1 mm/s olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.33 Bot güvertesi, koridor yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (9.nolu nokta)

Şekil 5.33’ de 9 nolu noktanın Z ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 1,5 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 0,7 mm/s olarak ölçülmüştür.

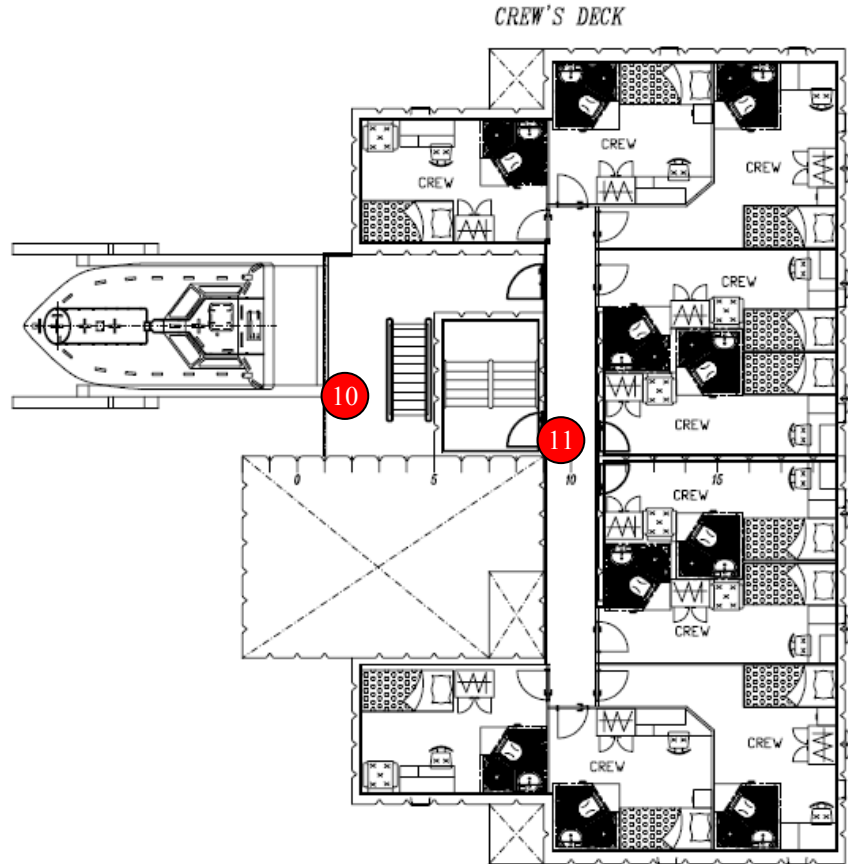


Şekil 5.34 Bot güvertesi, koridor transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (9.nolu nokta)

Şekil 5.34’ de 9 nolu noktanın Y ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 1,9 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 1,8 mm/s olarak ölçülmüştür.

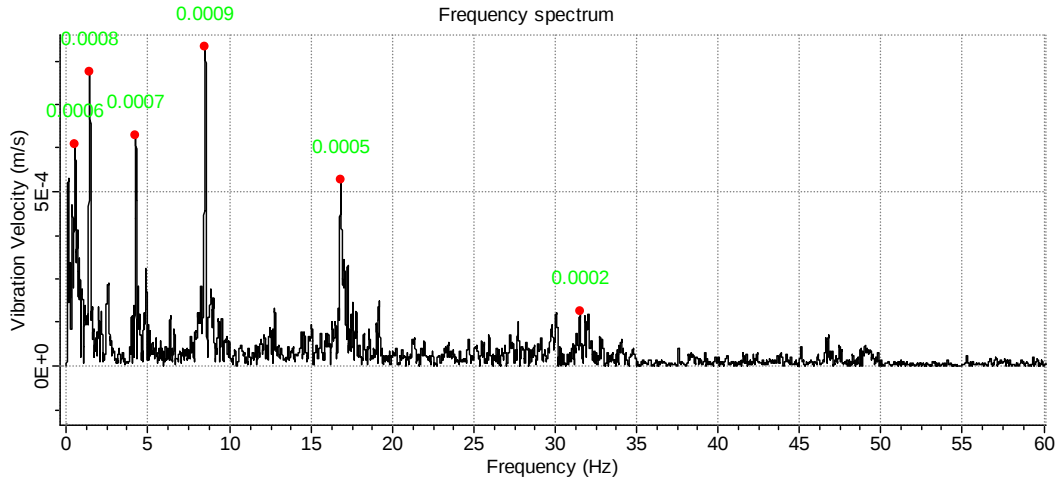
5.9 Tayfa Güvetesi Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları

Şekil 5.35’ de tayfa güvertesinin teknik resmi görülmektedir. Ölçüm öncesi bu resim üzerinde yapılan çalışmada açıklığın tam ortasında yapısal titreşimin oluşma riskinin fazla olmasından dolayı resimde gösterilen 11 noktası üzeri ölçüm yapılacak nokta olarak belirlenmiştir. Bu noktanın ölçümü tayfa güvertesinde koridor üzerinden yapılmıştır. Diğer bir nokta olarak ana makina üzerine gelen 10 noktası belirlenmiş ve bu nokta üzerinde ölçüm yapılmıştır.



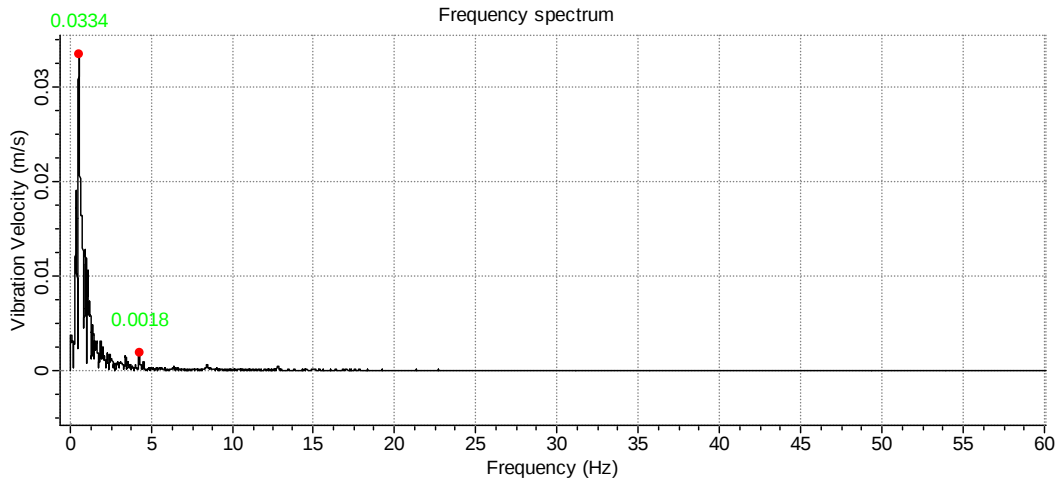
Şekil 5.35 Tayfa güvertesi 10 ve 11 nolu ölçüm noktaları

Şekil 5.36' da 10 nolu noktanın X ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 0,6 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 0,9 mm/s olarak ölçülmüştür.



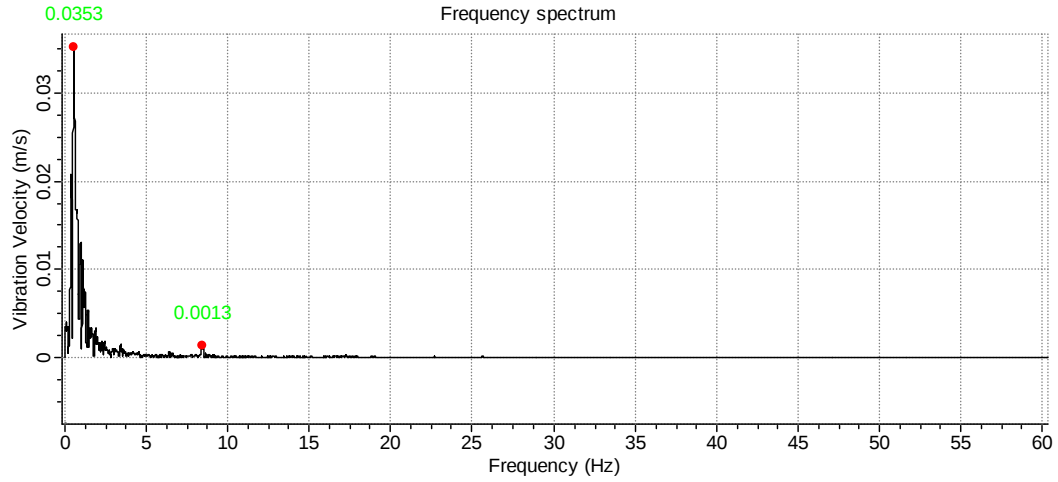
Şekil 5.36 Tayfa güvertesi dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (10.nolu nokta)

Şekil 5.37' de 10 nolu noktanın Z ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 33,4 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 0 mm/s olarak ölçülmüştür.



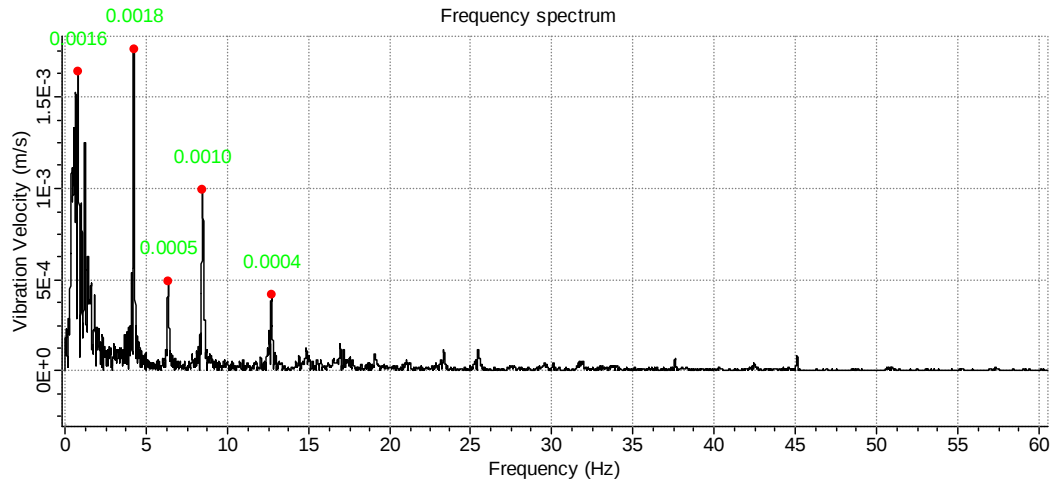
Şekil 5.37 Tayfa güvertesi yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (10.nolu nokta)

Şekil 5.38' de 10 nolu noktanın Y ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 35,3 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 1,3 mm/s olarak ölçülmüştür.



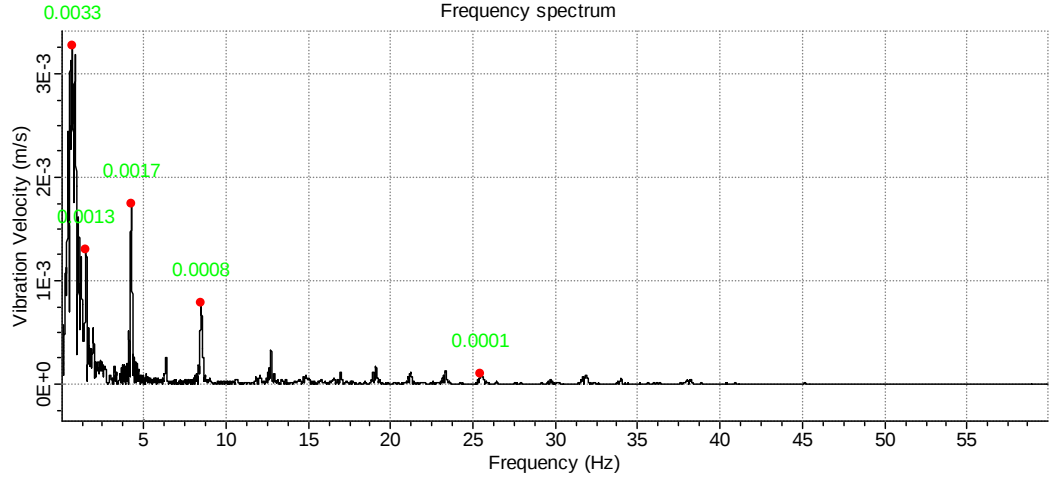
Şekil 5.38 Tayfa güvertesi transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (10.nolu nokta)

Şekil 5.39' da 11 nolu noktanın X ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 1,8 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 1,0 mm/s olarak ölçülmüştür.

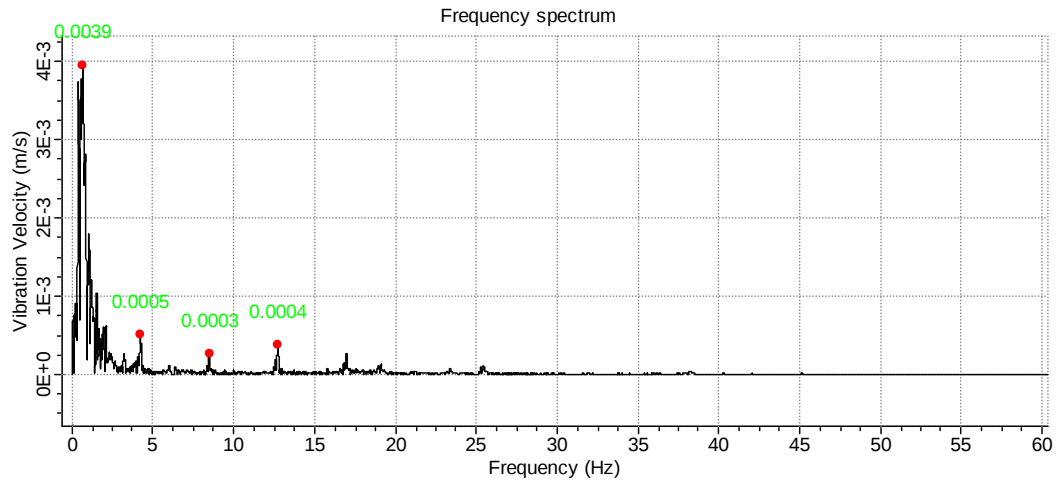


Şekil 5.39 Tayfa güvertesi, koridor dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (11.nolu nokta)

Şekil 5.40' da 11 nolu noktanın Z ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 3,3 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 0,9 mm/s olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.40 Tayfa güvertesi, koridor yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (11.nolu nokta)

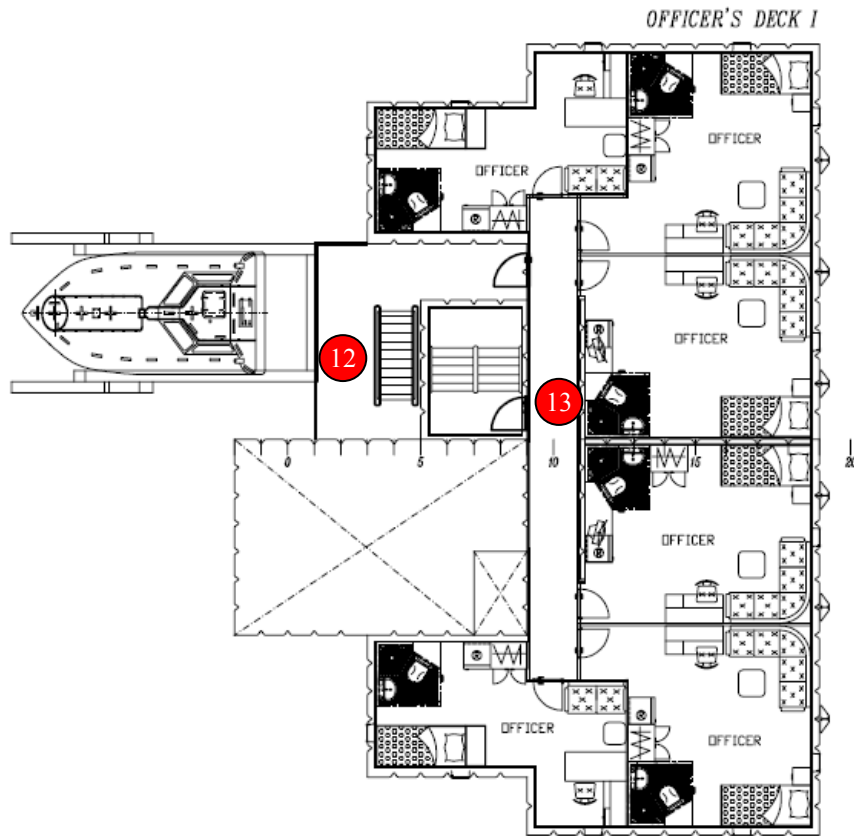


Şekil 5.41 Tayfa güvertesi, koridor transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (11.nolu nokta)

Şekil 5.41' de 11 nolu noktanın Y ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 3,9 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 0,4 mm/s olarak ölçülmüştür.

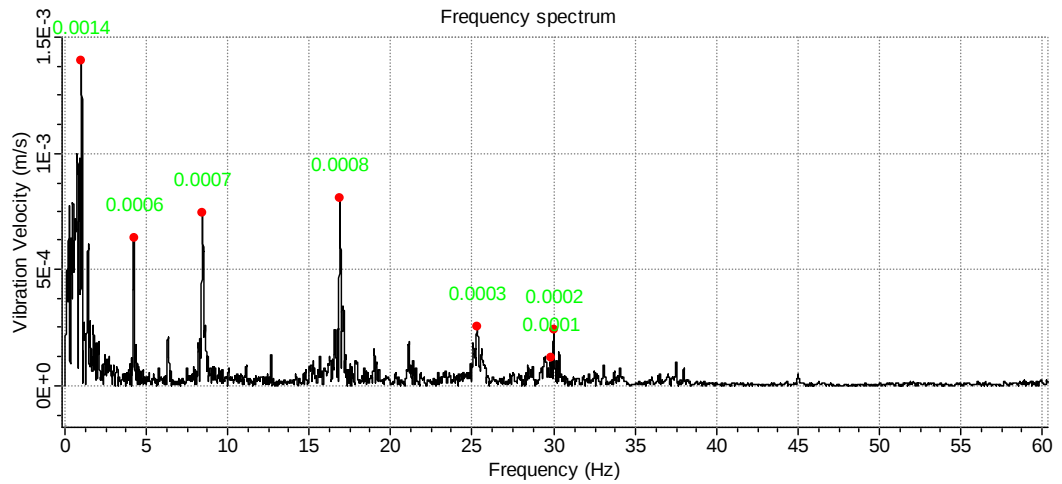
5.10 1 Nolu Subay Güvertesi Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları

Şekil 5.42’ de 1 nolu subay güvertesinin teknik resmi görülmektedir. Ölçüm öncesi bu resim üzerinde yapılan çalışmada açıklığın tam ortasında yapısal titreşimin oluşma riskinin fazla olmasından dolayı resimde gösterilen 13 noktası üzeri ölçüm yapılacak nokta olarak belirlenmiştir. Bu noktanın ölçümü 1 nolu subay güvertesinde koridor üzerinden yapılmıştır. Diğer bir nokta olarak ana makina üzerine gelen 12 noktası belirlenmiş ve bu nokta üzerinde ölçüm yapılmıştır.



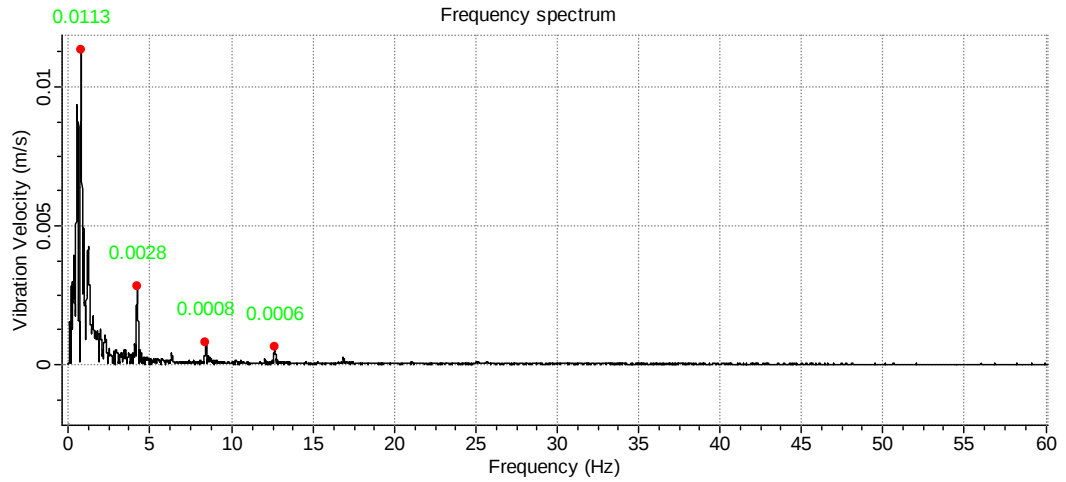
Şekil 5.42 1 nolu subay güvertesi 12 ve 13 nolu ölçüm noktaları

Şekil 5.43’ de 12 nolu noktanın X ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 1,4 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 0,8 mm/s olarak ölçülmüştür.



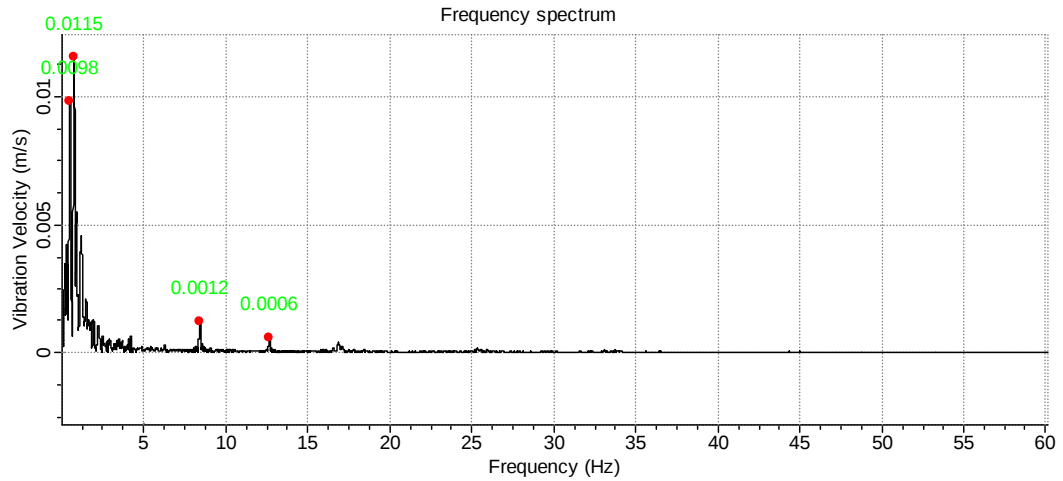
Şekil 5.43 1 nolu subay güvertesi dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (12.nolu nokta)

Şekil 5.44’ de 12 nolu noktanın Z ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 11,3 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 2,8 mm/s olarak ölçülmüştür.



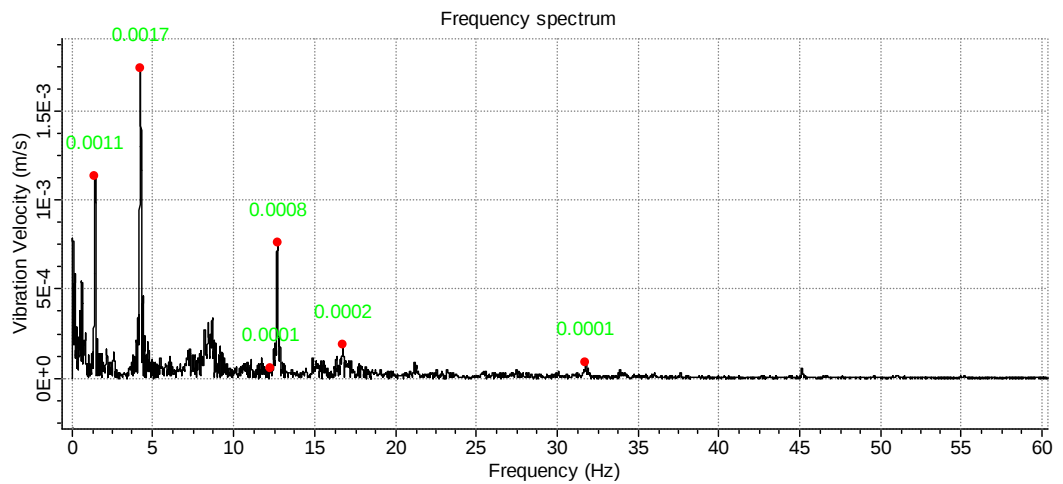
Şekil 5.44 1 nolu subay güvertesi yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (12.nolu nokta)

Şekil 5.45’ de 12 nolu noktanın Y ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 11,5 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 1,2 mm/s olarak ölçülmüştür.



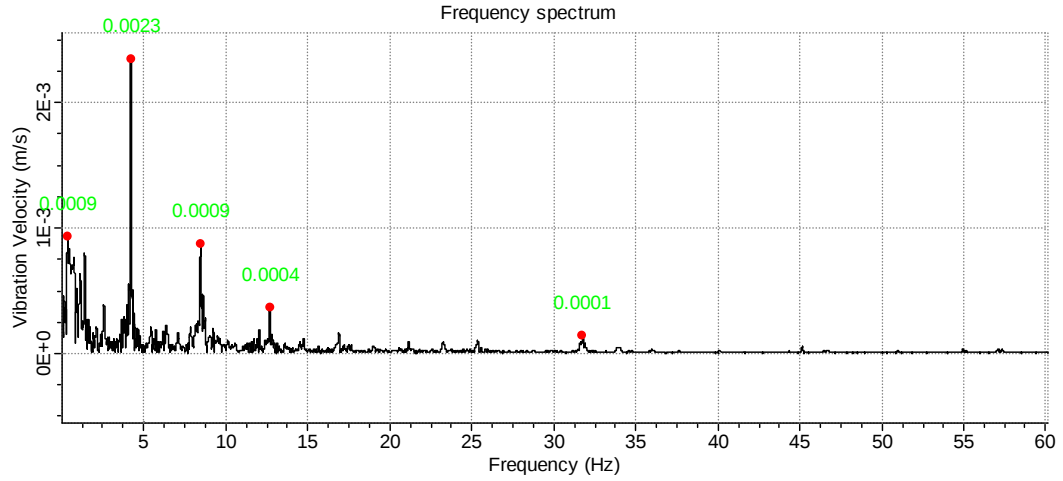
Şekil 5.45 1 nolu subay güvertesi transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (12.nolu nokta)

Şekil 5.46’ da 13 nolu noktanın X ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 1,7 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 0,8 mm/s olarak ölçülmüştür.



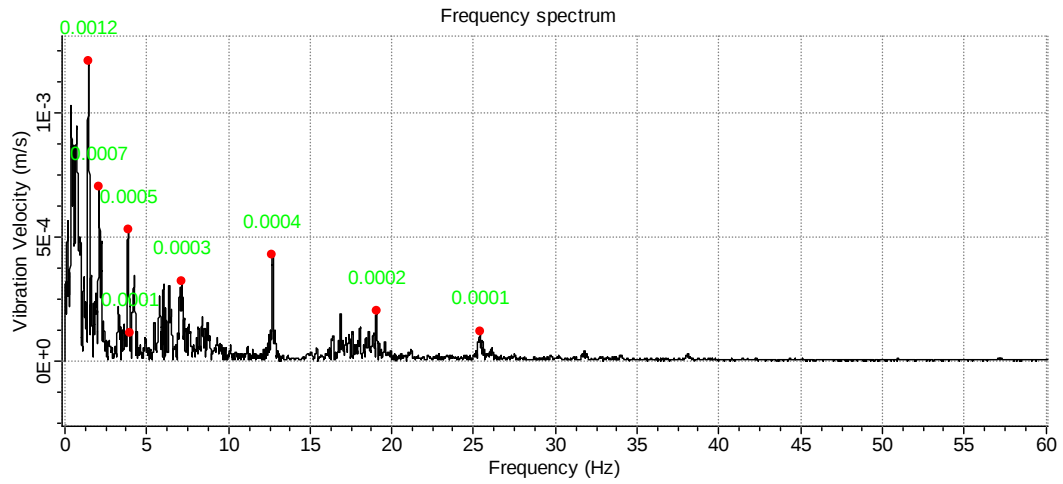
Şekil 5.46 1 nolu subay güvertesi, koridor dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (13.nolu nokta)

Şekil 5.47’ de 13 nolu noktanın Z ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 2,3 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 0,9 mm/s olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.47 1 nolu subay güvertesi, koridor yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (13.nolu nokta)

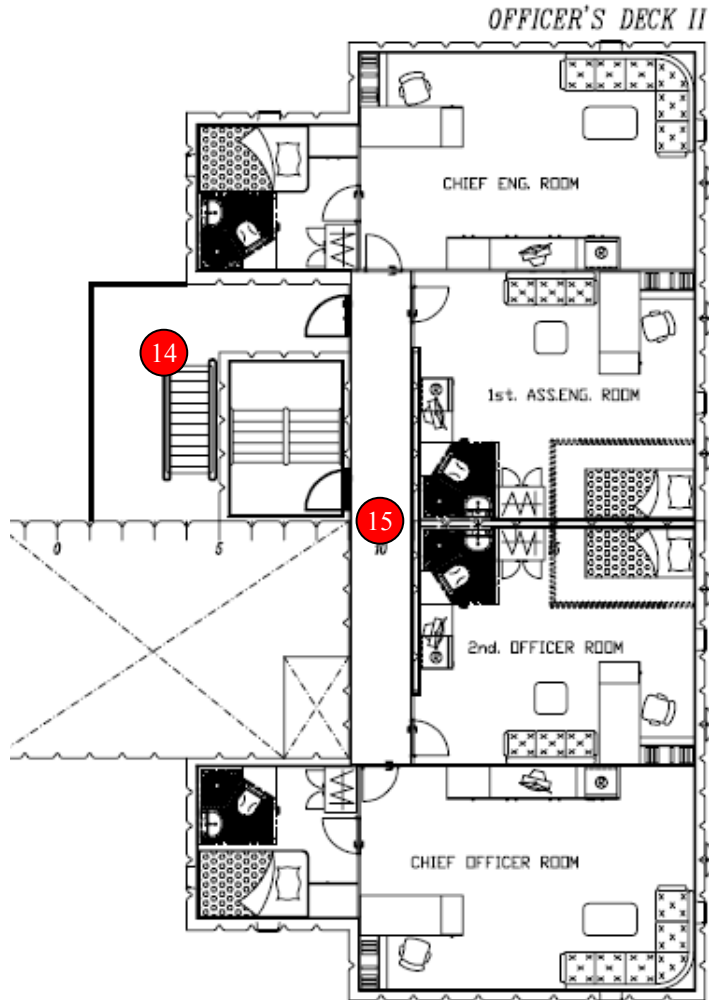
Şekil 5.48' de 13 nolu noktanın Y ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 1,2 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 0,4 mm/s olarak ölçülmüştür.



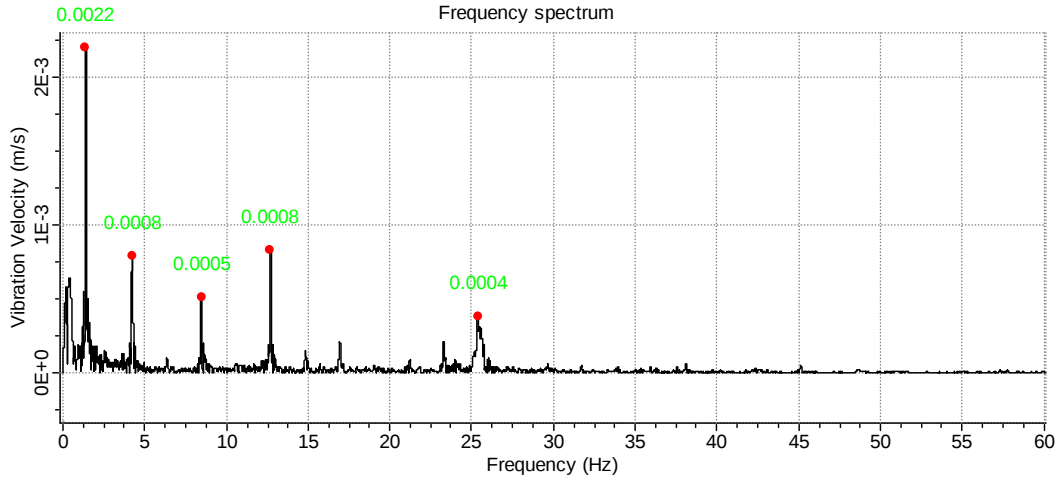
Şekil 5.48 1 nolu subay güvertesi, koridor transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (13.nolu nokta)

5.11 2 Nolu Subay Güvertesi Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları

Şekil 5.49’ da 2 nolu subay güvertesinin teknik resmi görülmektedir. Ölçüm öncesi bu resim üzerinde yapılan çalışmada açıklığın tam ortasında yapısal titreşimin oluşma riskinin fazla olmasından dolayı resimde gösterilen 15 noktası üzeri ölçüm yapılacak nokta olarak belirlenmiştir. Bu noktanın ölçümü 2 nolu subay güvertesinde koridor üzerinden yapılmıştır. Diğer bir nokta olarak ana makina üzerine gelen 14 noktası belirlenmiş ve bu nokta üzerinde ölçüm yapılmıştır.

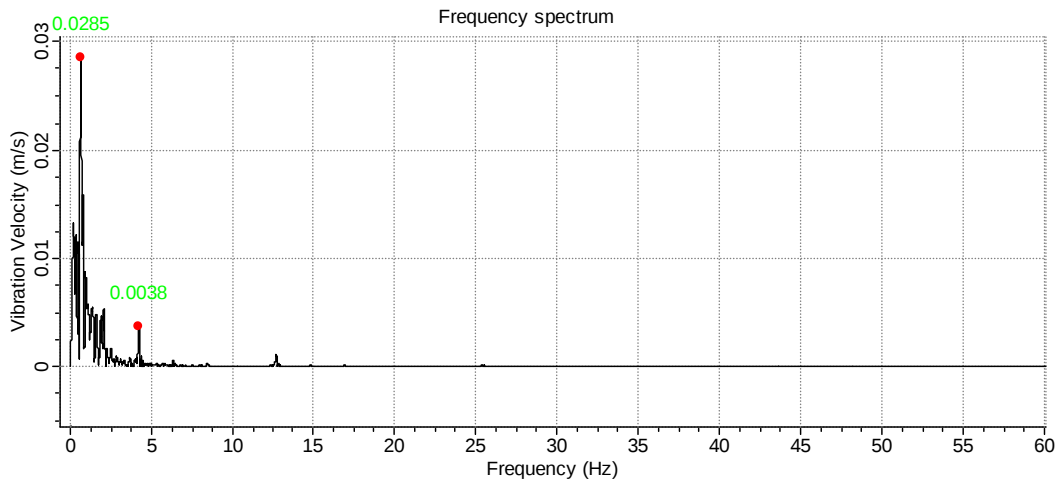


Şekil 5.49 2 nolu subay güvertesi 14 ve 15 nolu ölçüm noktaları



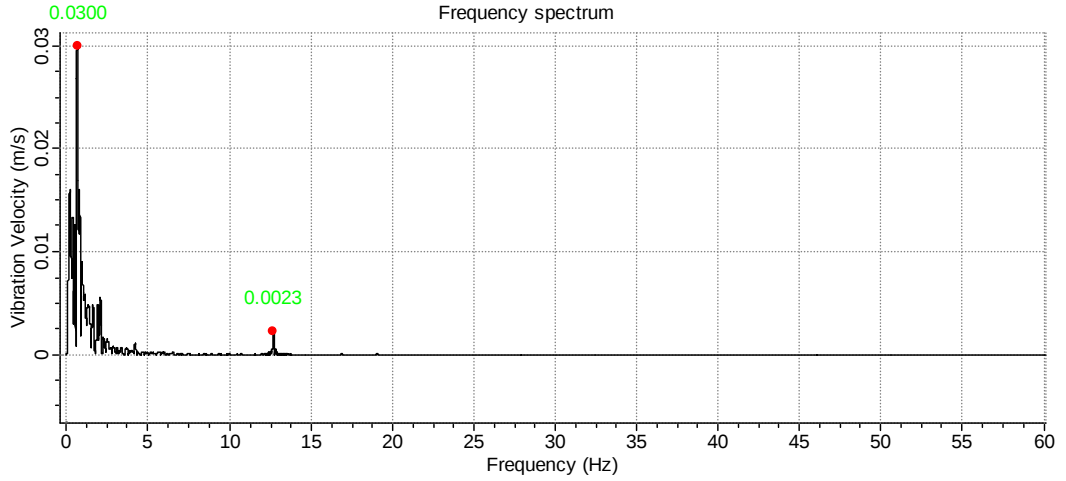
Şekil 5.50 2 nolu subay güvertesi dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (14 .nolu nokta)

Şekil 5.50' de 14 nolu noktanın X ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 2,2 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 0,8 mm/s olarak ölçülmüştür



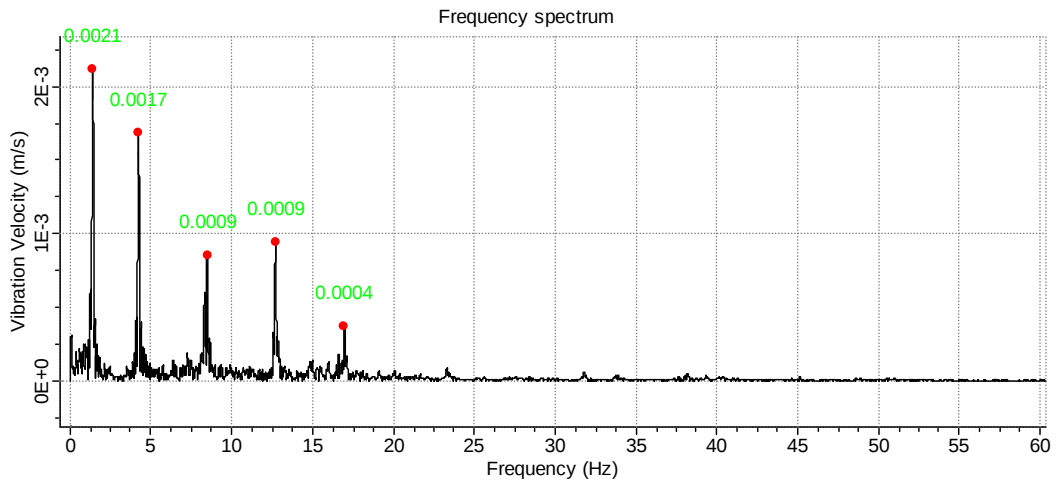
Şekil 5.51 2 nolu subay güvertesi yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (14 .nolu nokta)

Şekil 5.51' de 14 nolu noktanın Z ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 28,5 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 0 mm/s olarak ölçülmüştür



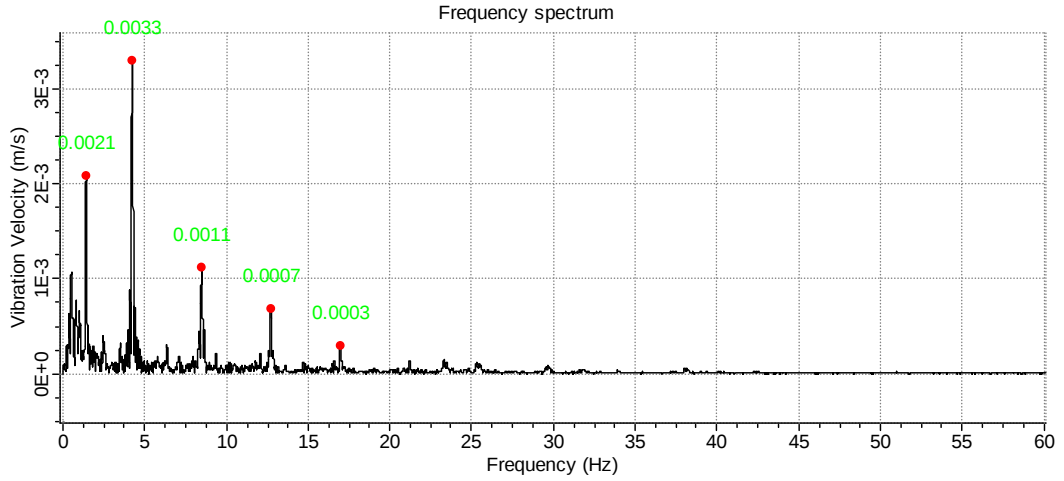
Şekil 5.52 2 nolu subay güvertesi transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (14 .nolu nokta)

Şekil 5.52' de 14 nolu noktanın Y ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 30 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 2,3 mm/s olarak ölçülmüştür



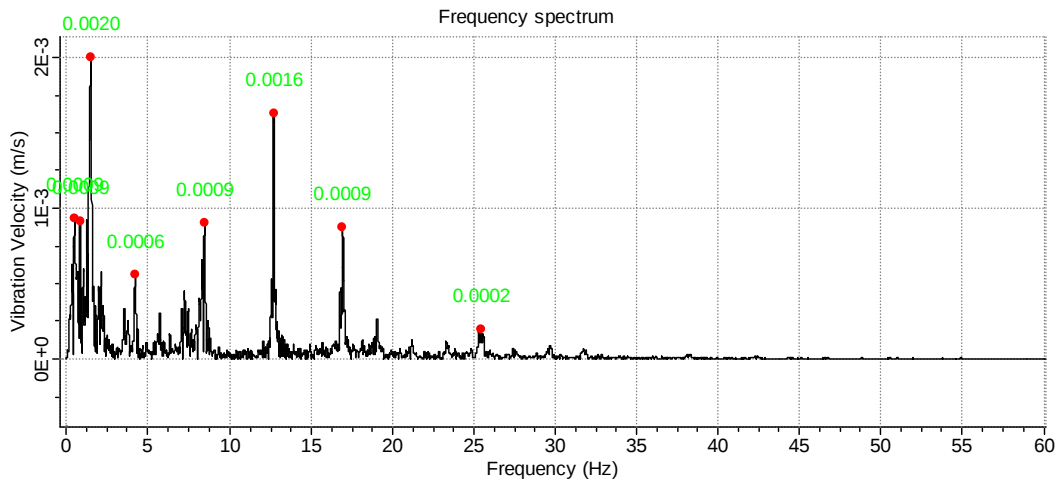
Şekil 5.53 2 nolu subay güvertesi, koridor dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (15 .nolu nokta)

Şekil 5.53' de 15 nolu noktanın X ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 2,4 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 0,9 mm/s olarak ölçülmüştür



Şekil 5.54 2 nolu subay güvertesi, koridor yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (15 .nolu nokta)

Şekil 5.54' de 15 nolu noktanın Z ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 3,3 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 1,1 mm/s olarak ölçülmüştür.

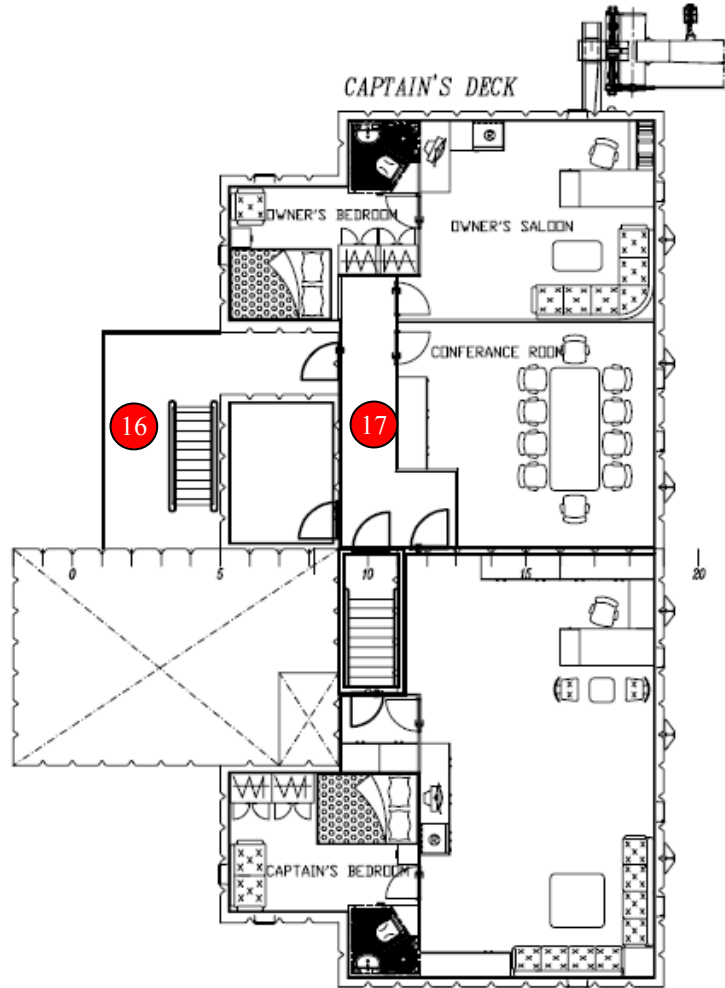


Şekil 5.55 2 nolu subay güvertesi, koridor transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (15 .nolu nokta)

Şekil 5.55' de 15 nolu noktanın Y ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 2,0 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 1,6 mm/s olarak ölçülmüştür

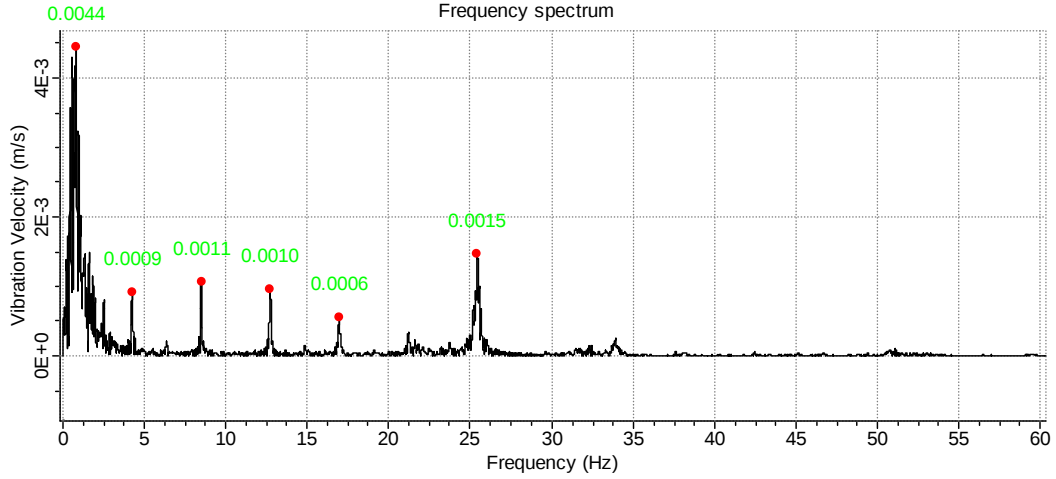
5.12 Kaptan Güvertesi Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları

Şekil 5.56' da kaptan güvertesinin teknik resmi görülmektedir. Ölçüm öncesi bu resim üzerinde yapılan çalışmada açıklığın tam ortasında yapısal titreşimin oluşma riskinin fazla olmasından dolayı resimde gösterilen 17 noktası üzeri ölçüm yapılacak nokta olarak belirlenmiştir. Bu noktanın ölçümü kaptan güvertesinde koridor üzerinden yapılmıştır. Diğer bir nokta olarak ana makina üzerine gelen 16 noktası belirlenmiş ve bu nokta üzerinde ölçüm yapılmıştır.



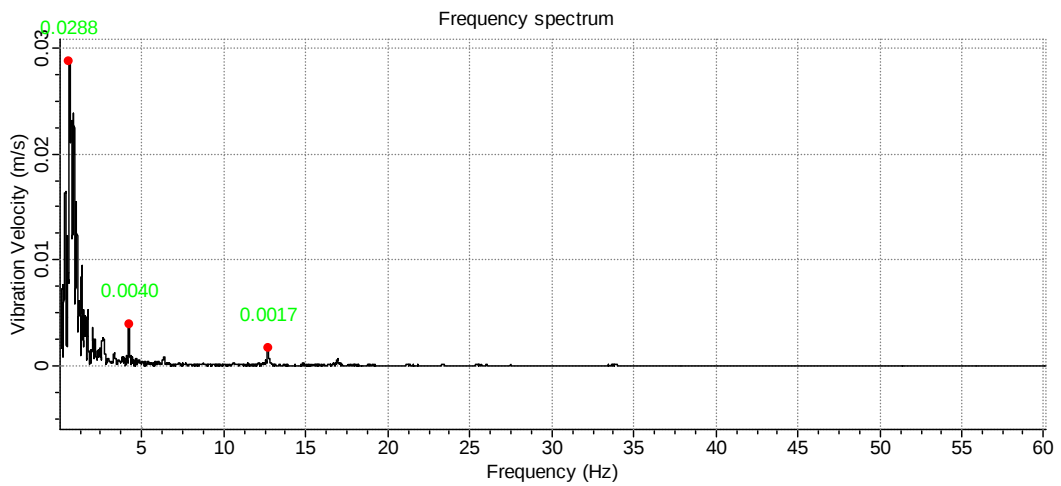
Şekil 5.56 Kaptan güvertesi 16 ve 17 nolu ölçüm noktaları

Şekil 5.57' de 16 nolu noktanın X ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 4,4 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 1,5 mm/s olarak ölçülmüştür



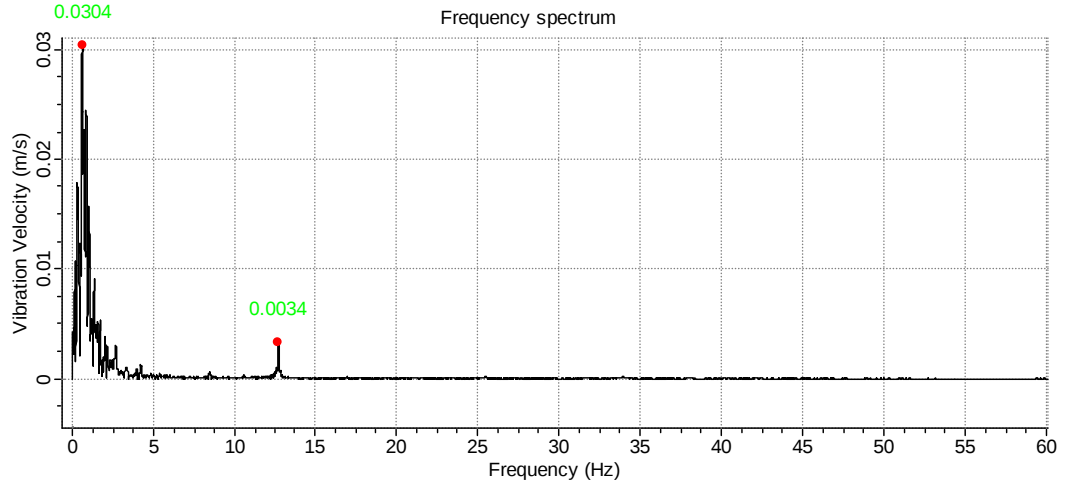
Şekil 5.57 Kaptan güvertesi dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (16 .nolu nokta)

Şekil 5.58' de 16 nolu noktanın Z ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 28,8 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 1,7 mm/s olarak ölçülmüştür



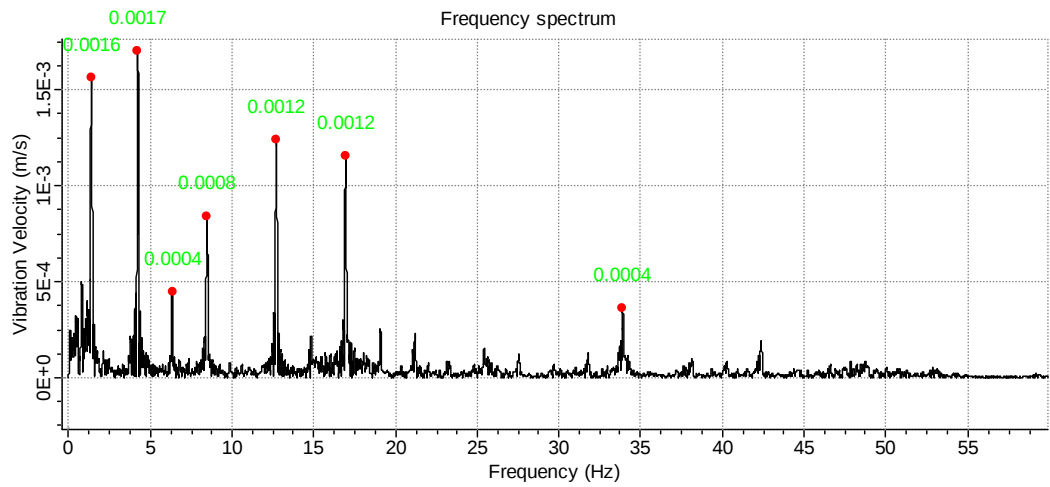
Şekil 5.58 Kaptan güvertesi yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (16 .nolu nokta)

Şekil 5.59' da 16 nolu noktanın Y ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 30,4 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 3,4 mm/s olarak ölçülmüştür



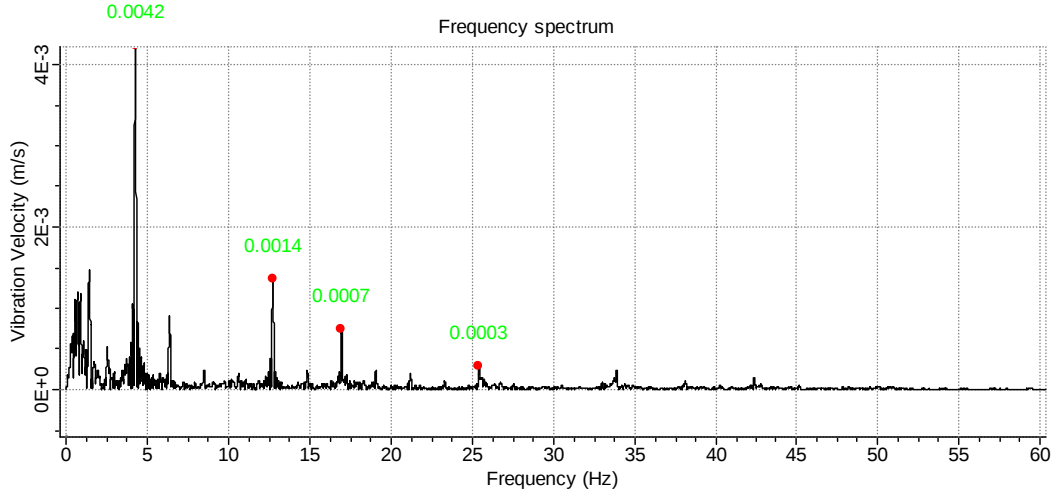
Şekil 5.59 Kaptan güvertesi transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (16.nolu nokta)

Şekil 5.60' da 17 nolu noktanın X ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 1,7 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 1,2 mm/s olarak ölçülmüştür.



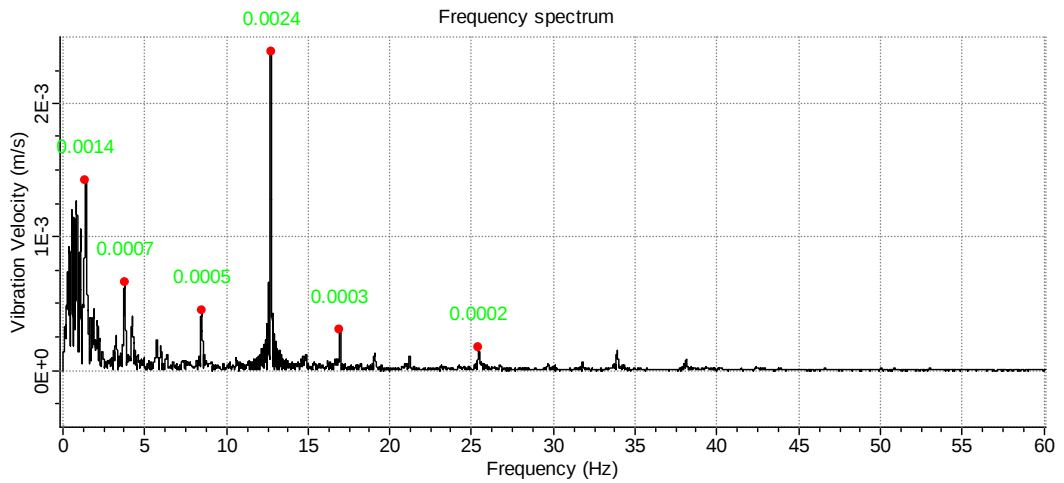
Şekil 5.60 Kaptan güvertesi, koridor dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (17.nolu nokta)

Şekil 5.61' de 17 nolu noktanın Z ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 4,2 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 1,4 mm/s olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.61 Kaptan güvertesi, koridor yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (17 .nolu nokta)

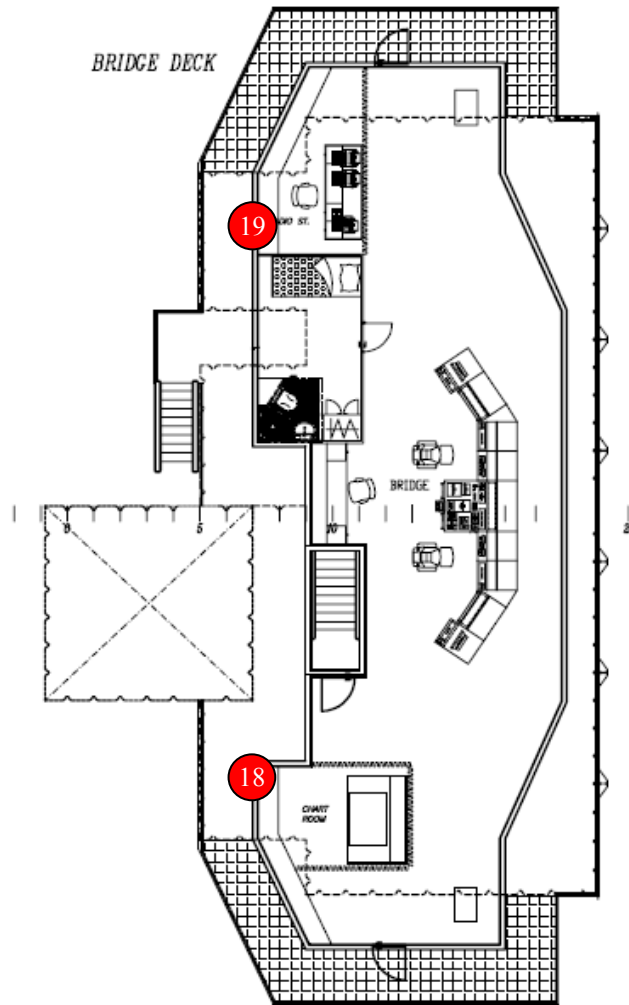
Şekil 5.62' de 17 nolu noktanın Y ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 1,4 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 2,4 mm/s olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.62 Kaptan güvertesi, koridor transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (17 .nolu nokta)

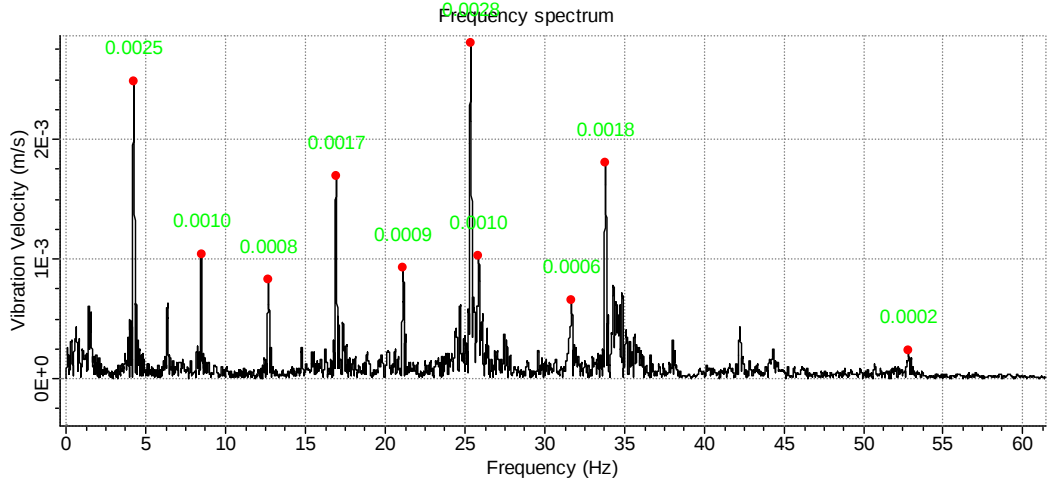
5.13 Kaptan Köşkü Titreşim Ölçümleri Yeri Ve Sonuçları

Şekil 5.63’ de kaptan köşkünün teknik resmi görülmektedir. Ölçüm öncesi bu resim üzerinde yapılan çalışmada biri iskele, diğeri sancak tarafında olan ve 18 ile 19 nolu olan noktalar üzerinde ölçüm yapılmıştır.



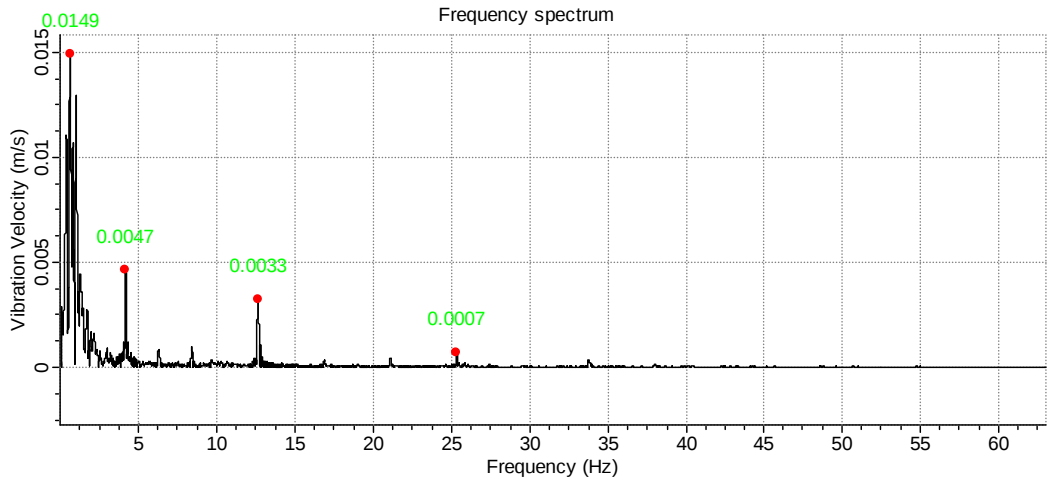
Şekil 5.63 Kaptan köşkü 18 ve 19 nolu ölçüm noktaları

Şekil 5.64’ de 18 nolu noktanın X ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 2,5 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 2,9 mm/s olarak ölçülmüştür.

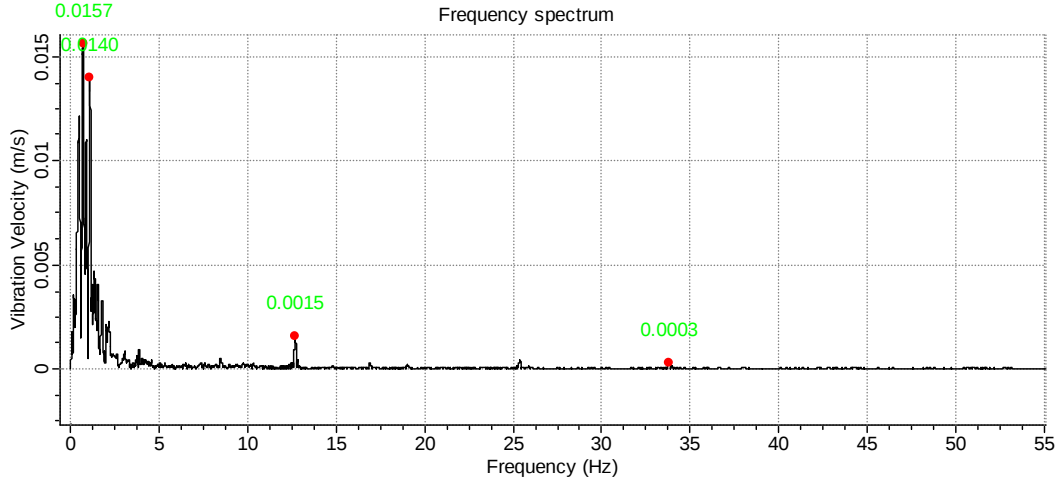


Şekil 5.64 Kaptan köşkü sancak tarafı dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (18 .nolu nokta)

Şekil 5.65’ de 18 nolu noktanın Z ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 14,9 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 3,3 mm/s olarak ölçülmüştür.

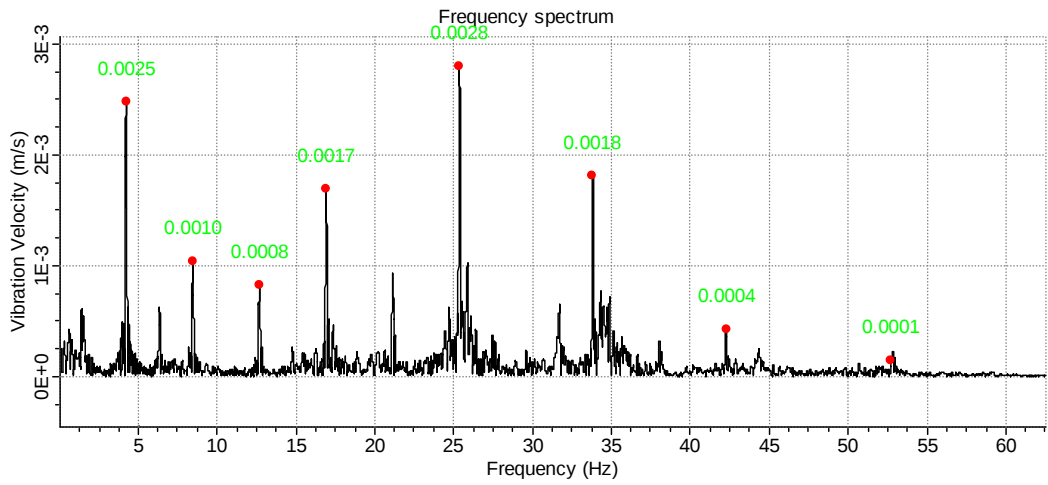


Şekil 5.65 Kaptan köşkü sancak tarafı yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (18 .nolu nokta)



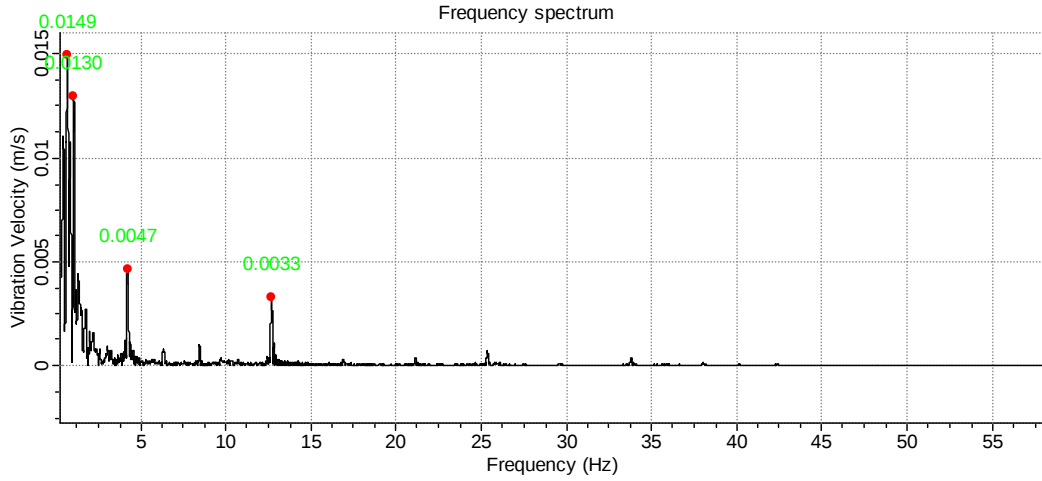
Şekil 5.66 Kaptan köşkü sancak tarafı transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (18 .nolu nokta)

Şekil 5.66’ da 18 nolu noktanın Y ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 15,7 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 1,5 mm/s olarak ölçülmüştür.



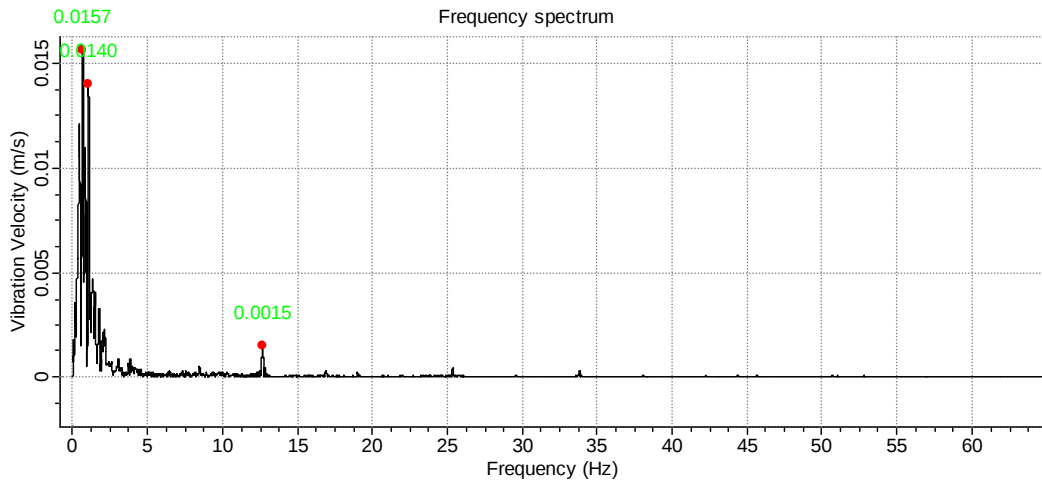
Şekil 5.67 Kaptan köşkü iskele tarafı dikey titreşim hızı ölçüm değerleri (19 .nolu nokta)

Şekil 5.67’ de 19 nolu noktanın X ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 2,5 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 2,8 mm/s olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.68 Kaptan köşkü iskele tarafı yatay titreşim hızı ölçüm değerleri (19 .nolu nokta)

Şekil 5.68’ de 19 nolu noktanın Z ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 14,9 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 3,3 mm/s olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.69 Kaptan köşkü iskele tarafı transfer titreşim hızı ölçüm değerleri (19 .nolu nokta)

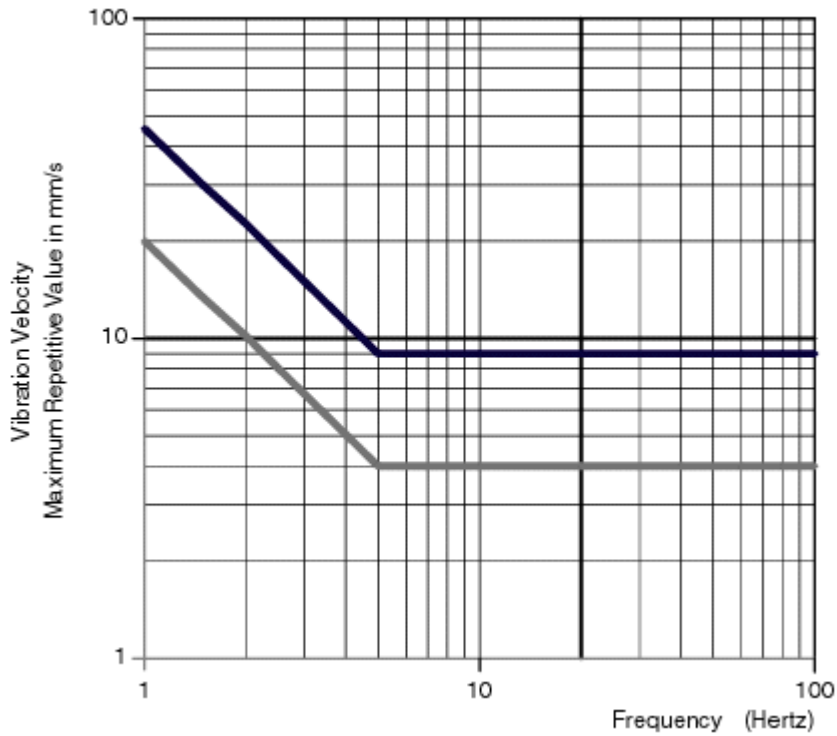
Şekil 5.69’ da 19 nolu noktanın Y ekseninin titreşim hızı-frekans grafiği gösterilmiştir. 1-5 Hz aralığında en yüksek tepe noktası 15,7 mm/s, 5-80 Hz aralığında ise 1,5 mm/s olarak ölçülmüştür.

5.14 Gemide Yerel Bir Bölgede Yapılan Yapısal Titreşim Ölçümünün Değerlendirilmesi

Gemi analizlerinde ISO 6954 kalite standardı gereği kabul edilen değerler tablosu Çizelge 5.5 ' de gösterilmiştir. Bu tabloda frekans 1 Hz ile 5 Hz arası düşük frekans, 5 Hz ile 80 Hz arası yüksek frekans olmak üzere sınıflandırılmıştır. Ayrıca üst limit eğrisi titreşim ivmesi 1 Hz 5 Hz arası 285 mm/s^2 , 5 Hz ile 80 arası titreşim hızı ise 9 mm/s ' dir. Alt limit eğrisi titreşim ivmesi 1 Hz ile 5 Hz arası 126 mm/s^2 , 5 Hz ile 80 Hz arası titreşim hızı ise 4 mm/s ' dir. Bu değerler şekil 4.2 deki grafiğe işlendiğinde, Şekil 5.70' te gösterilen iki eğri elde edilir. Bu eğrilerden koyu renkli eğri üst limit eğrisini, açık renkli eğri ise alt limit eğrisini göstermektedir. Geminin yapısal titreşim analizi yapılırken alt limit eğrisi gözönünde bulundurulur.

Çizel 5.5 Frekansların sınıflandırılması [ISO 6954, 1984]

EĞRİ	FREKANS SINIFLANDIRMA	
	1 to 5 Hz	5 to 80 Hz
ÜST EĞRİ	TİTREŞİM İVMESİ: 285 mm/s^2	HIZ: 9 mm/s
ALT EĞRİ	TİTREŞİM İVMESİ: 126 mm/s^2	HIZ: 4 mm/s



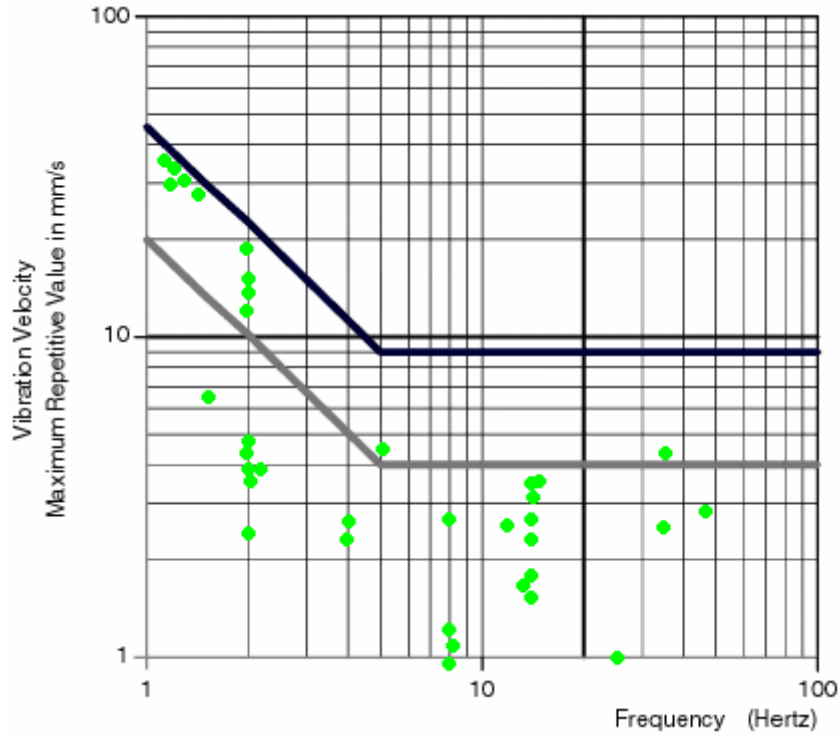
Şekil 5.70 ISO 6954 kabul edilen üst ve alt limit eğrileri[ISO 6954, 1984]

Gemilerde ortaya çıkan yerel titreşim problemlerinin deneysel analizine yönelik yapılmış bu titreşim ölçümünde elde edilen frekans verileri ISO 6954'te belirtilen ve Çizelge 5.5'de de gösterildiği gibi, 1 Hz ve 5 Hz arası düşük frekans, 5 Hz ve 80 Hz arası yüksek frekans olarak sınıflandırılmıştır. Bu iki sınıfa ayrılmış frekanslar içerisindeki titreşim hızının tepe değerlerinin en yüksekini gösteren bir çizelge hazırlanmıştır. Bu değerler Çizelge 5.6' da gösterilmiştir.

Çizelge 5.6 Frekansların sınıfına göre en yüksek tepe noktaları

ÖLÇÜM YAPILAN NOKTALAR	FREKANS SINIFINA GÖRE TEPE NOKTALARI			
	1-5 Hz Tepe Noktası		5-80 Hz Tepe Noktası	
	HIZ	FREKANS	HIZ	FREKANS
1	4,5 m/sn.	2 Hz	1,5 m/sn.	13 Hz
2	4 m/sn.	2 Hz	1,6 m/sn.	8 Hz
3	24,5 m/sn.	1,5 Hz	4,4 m/sn.	33 Hz
4	6,6 m/sn.	1,5 Hz	6,6 m/sn.	35 Hz
5	1,6 m/sn.	4 Hz	2,2 m/sn.	33 Hz
6	28,1 m/sn.	1,5 Hz	2,9 m/sn.	43 Hz
7	4,2 m/sn.	2 Hz	1,6 m/sn.	13 Hz
8	19,4 m/sn.	2 Hz	1,7 m/sn.	13 Hz
9	3,7 m/sn.	2 Hz	4,1 m/sn.	33 Hz
10	35,3 m/sn.	1 Hz	1,3 m/sn.	8 Hz
11	3,9 m/sn.	2 Hz	1,0 m/sn.	26 Hz
12	11,5 m/sn.	2 Hz	1,2 m/sn.	8 Hz
13	2,3 m/sn.	4 Hz	0,9 m/sn.	8 Hz
14	30 m/sn.	1,5 Hz	2,3 m/sn.	13 Hz
15	2,4 m/sn.	2 Hz	1,6 m/sn.	13 Hz
16	30,4 m/sn.	1,5 Hz	3,4 m/sn.	13 Hz
17	4,2 m/sn.	4 Hz	2,4 m/sn.	13 Hz
18	15,7 m/sn.	2 Hz	3,3 m/sn.	13 Hz
19	15,7 m/sn.	2 Hz	3,3 m/sn.	13 Hz

Titreşim sonucu elde edilmiş ivme-zaman verileri FFT (Fast Fourier Transform – Fourier Dönüşümü) ara programı ile titreşim hızı-frekans verilerine dönüştürülmüş, dönüştürülen bu değerler, Çizelge 5.5'deki gibi sınıflara ayrılmış, bu sınıflardaki en yüksek tepe değerleri Çizelge 5.6'deki gibi bulunmuş ve ISO 6954'te kabul edilen alt ve üst limit eğrileri Şekil 4.2 üzerine işlendikten sonra Şekil 5.71'de de gösterildiği gibi, bazı değerlerin iki eğri arasında kaldığı ve bazı değerlerinse alt limit eğrisi altında kaldığı görülmüştür.



Şekil 5.71 Elde edilen sonuç değerleri

Geminin yapısal titreşim analizi yapıldığında elde edilen değerlerin alt limit eğrisi altında kalması beklenir. Alt limit eğri altında kalan noktalarda gemi yönünden yapısal titreşim hiçbir risk doğurmamaktadır. Fakat alt limit eğrisi üzerinde çıkan noktalar için, bu noktada birkaç ölçüm daha yapılarak, yapısal titreşime sebebiyet verilen ana unsur belirlenir ve bu titreşim unsuru üzerinde çalışmalar yapılarak titreşim değerinin azaltılmasına çalışılır. Titreşim kaynağı buna müsaade etmiyorsa, yani oluşan titreşim hiçbir şekilde sönmelenemiyorsa yapı üzerinde bir takım düzeltmelere gidilerek, bu bölgede güçlendirici bir takım çalışmalar yapılarak bu titreşimin önüne geçilir.

Gemi üzerinde yerel bir bölgede yapılan bu deneysel geminin yapısal titreşimine yönelik ölçümlerde çizelge 6.1’ de de görüldüğü gibi 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 17, 18, 19 nolu ölçüm noktalarında geminin yapısal titreşim değerleri alt limit eğrisinin üstünde çıkmış ve bu bölgelerde oluşan titreşimlerin geminin yapısal bütünlüğüne karşı bir risk oluşturduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.7 Ölçüm noktaları sonuçları

ÖLÇÜM YAPILAN NOKTALAR	SONUÇ
1	ALT LİMİT EĞRİSİ ALTI
2	ALT LİMİT EĞRİSİ ALTI
3	ALT LİMİT EĞRİSİ ÜSTÜ
4	ALT LİMİT EĞRİSİ ÜSTÜ
5	ALT LİMİT EĞRİSİ ALTI
6	ALT LİMİT EĞRİSİ ÜSTÜ
7	ALT LİMİT EĞRİSİ ALTI
8	ALT LİMİT EĞRİSİ ÜSTÜ
9	ALT LİMİT EĞRİSİ ALTI
10	ALT LİMİT EĞRİSİ ÜSTÜ
11	ALT LİMİT EĞRİSİ ALTI
12	ALT LİMİT EĞRİSİ ÜSTÜ
13	ALT LİMİT EĞRİSİ ALTI
14	ALT LİMİT EĞRİSİ ÜSTÜ
15	ALT LİMİT EĞRİSİ ALTI
16	ALT LİMİT EĞRİSİ ÜSTÜ
17	ALT LİMİT EĞRİSİ ÜSTÜ
18	ALT LİMİT EĞRİSİ ÜSTÜ
19	ALT LİMİT EĞRİSİ ÜSTÜ

6. SONUÇ

Gelişen teknolojiyle bağlantılı olarak gemi yapılarının daha büyük, daha esnek olması, titreşim problemlerine neden olmaktadır. Bu yüzden, geminin yapısal davranışının belirlenmesi en önemli unsur olduğu ortaya konmuştur.

Deneysel olarak yapılan bu çalışmada, gemi üzerinde seçilen yerel bir bölgede deneysel bir yapısal titreşim ölçümü yapılması hedeflenmiş, bu bağlamda geminin tüm yapısının, gemi operasyonları sırasında gemiyi oluşturan parçaların, limit titreşim değerlerini ISO 6954 standartlarında izin verilen değerler üzerine çıkmaması gerekliliği göz önünde bulundurularak çalışmalar tamamlanmıştır.

Gemi üzerinde oluşan yerel titreşimlerin deneysel olarak ölçümleri yapılmış, bu sayede bu titreşimlerin yalıtımı konusu üzerinde bir ön çalışma yapılmıştır. Bu sonuçlara göre gemi yalıtımı yapılması veya telafi edilmesi öngörülmüştür.

6.1 Öneriler

Yapılan bu deneysel ölçüm neticesinde 3, 4, 6, 8, 10,12, 14, 16, 17, 18, 19 nolu noktalarda elde edilen değerlerin alt limit eğrisi üzerinde çıkmasından dolayı bu noktalarda yapısal güçlendirme ve titreşimi sönümleyici çalışmalar yapılmalıdır. Titreşim kaynakları tespit edilerek sönümlendirilmeye çalışılmalı, titreşim daha kaynağındayken, yayılmadan sönümlendirilmeli ve bu çalışma için kullanım kolaylığı olan daha ekonomik ve pratik sönüm ve yalıtım malzemeleri geliştirilmelidir.

Geminin yapısal titreşimi ölçülmekle kalınmayıp gemi çalışanlarının sağlığı için birde doz ölçümü yapılmalıdır. İş sağlığı açısından günümüzde bu ölçüm şart hale gelmiştir.

Bir geminin yapısal titreşim analiziyle ilgili, gerekli tanımlayıcı değerler girildiğinde, yapıya kullanılacak optimum saç kalınlığını tespit edecek, biraz daha ince saç kullanılmak istendiğinde saç maliyeti ve oluşacak yapısal titreşimi sönümlemek için kullanılacak yalıtımmalzemesi arasında bir maliyeti kıyaslaması yapan bir analiz programı yazılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Grolier International Americana s.244-245-246-247-248-249-250, 2008.
- [2] İlin, E., M., Segal., E., İnsan Nasıl İnsan Oldu, Çeviren: Ahmet Zekeriya, Hür Yayınevi,1974.
- [3] Giray, D., Yelken Tarihi, 2008.
- [4] İnanoğulları, A., Gas Turbines, 2008.
- [5] Tok, G., TÜBİTAK Bilim ve Teknik, Şubat 2001.
- [6] Buyan, A., Nukleer Ships, 2008.
- [7] Odabaşı, Y., Method of Ship Production, 2008.
- [8] Odabaşı, Y., Gemi Mühendisliğine Giriş Ders Notları, 2008.
- [9] Küçük, Ş., Gemi Dizel Makinalarının Yapıları ve Çalışma İlkeleri, 1999.
- [10] Gemi Mühendisliği ve Sanayimiz Sempozyumu, 2004 Bildiriler Kitabı, 24-25 Aralık 2004, TMMOB Gemi Mühendisleri Odası İstanbul, 397 Sayfa, 2004
- [11] Belek, T., Titreşimlere giriş semineri İYEM, 2007.
- [12] Tahralı, N., Kaya, F., Makina Dinamiği, YTU Basım-Yayın Merkezi, 2000.
- [13] Pasin, F., Mekanik Titreşimler, Birsen Yayınevi, 2000.
- [14] Taşkın, Y., Yağız, N., II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi MBGAK, 17-19 Kasım, 2005.
- [15] Brüel & Kjaer, (1982), Measuring Vibration, K. Larsen & Son A/S, Revision September, 1982.
- [16] de Silva, C.W., VIBRATION Fundamentals and Practice, C.R.C Press LLC, 2000.
- [17] Tse, F.S., Morse, I.E.,Hinkle, R.T., (1978), Mechanical Vibrations Theory and Applications, Allyn and Bacon Inc., Boston , 2008.

- [18] Belek, T., Makinalarda Titreşim Ölçümlerinin İzlenmesi Yolu İle Gerçekleştirilen Erken Uyarıcı Dinamik Bakım Yöntemler, 2. Ulusal Makine Teorisi Semp. , 2008.
- [19] Orhan, S., Arslan, H., Aktürk N., Titreşim Analizi, 2008.
- [20] Belek, T., Sesin Frekans Analizi Semineri İYEM, 2007.
- [21] Işıkel, K., Endüstri Tesislerinde Gürültü Kontrolü Stratejisinin Oluşturulması, Ölçüm ve Uygulamalar, 5. Ulusal Akustik Kongresi, 2006.
- [22] Ergenç, İ., Sesin Doğası ve Oluşumu, 2008.
- [23] Chapple, S., Analysis of Ship Structures, July 2005.
- [24] Tech, V., 1998 ACM Mid.Atlantic Programming Contest, November 14, 1998.
- [25] Carl Q. Howard and Colin H. Hansen Department of Mechanical Engineering, The University of Adelaide, South Australia, Active Vibration Isolation Using Vibrational Power as a Cost Function, 2005.
- [26] S.-W. Kang and Y.-H. Kim, Active intensity control for the reduction of radiated duct noise, Journal of Sound and Vibration, 1997.
- [27] J. Q. Pan, C. H. Hansen, and J. Pan, “Active isolation of a vibration source from a thin beam using a single active mount”, Journal of the Acoustical Society of America, 1993.
- [28] C. Q. Howard and C. H. Hansen, “Active isolation of a vibrating mass”, Acoustics Australia, 1997.
- [29] Yücel, A. Gemilerde Ortaya Çıkan Yerel Titreşim Problemlerinin Teorik ve Deneysel Analiz, İstanbul Teknik Üniversitesi, Aralık 2008.
- [30] International Standards ISO 6954, 1984 .
- [31] GL Technology, Ship Vibration, 2001.
- [32] Ionas R., PhD Student of University of Galati, Ionel C., Prof. Dr.-Ing. Global Ship Vibration Analysis, 2008.

ÖZGEÇMİŞ

26.05.1979 yılında Tekirdağ'ın Hayrabolu kasabası'nda doğdu. İlkokul ve ortaokulu Hayrabolu'da tamamladıktan sonra İstanbul'da Kabataş Erkek Lisesi'nden burs kazanarak, yatılı olarak lise tahsilini tamamladı. 1998-2002 yılları arası Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümünde lisans tahsilini tamamladı. 2006 yılı güz döneminde Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Tasarım ve İmalat Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitime başladı. Yazar, İzocam Ticaret ve Sanayi A.Ş. Tekiz Tesisleri'nde Boya Tesisi ve Profil Hatları Sorumlusu olarak altı yıldır görev yapmaktadır.