



**EV TİPİ ÇAMAŞIR MAKİNASINDA TİTREŞİMİN  
PASİF KONTROLÜ**

**İlyas TACİR**

**2020  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı  
Doç. Dr. İsmail ESEN**

**EV TİPİ ÇAMAŞIR MAKİNASINDA TİTREŞİMİN PASİF KONTROLÜ**

**İlyas TACİR**

**T.C.  
Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı  
Doç. Dr. İsmail ESEN**

**KARABÜK  
Haziran 2020**

İlyas TACİR tarafından hazırlanan “EV TİPİ ÇAMAŞIR MAKİNASINDA TİTREŞİMİN PASİF KONTROLÜ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

DOÇ. Dr. İsmail ESEN

.....

Tez Danışmanı, Makine mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 26/06/2020

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Selami SAĞIROĞLU (KBÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. İsmail ESEN (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Akif KOÇ (SUBU)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

İlyas TACİR

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **EV TİPİ ÇAMAŞIR MAKİNASINDA TİTREŞİMİN PASİF KONTROLÜ**

**İlyas TACİR**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. İsmail ESEN**

**HAZİRAN 2020, 80 sayfa**

Bu çalışmada, ev tipi çamaşır makinalarından meydana gelen titreşimler belirlenerek bunları azaltma çalışması yapıldı. Ticari ve bilimsel çalışmalar ortaya konan titreşim ve titreşim kaynaklı gürültü kontrol altına alınsa dahi, tamamen ortadan kaldırılamadı. Bunun başlıca sebebi sıkma programına geçen çamaşır makinası tamburu içerisinde oluşan dengesiz kütlelerin etkisiyle meydana gelen titreşimlerdir. Giderilemeyen titreşimin mekaniksel arızalara sebebiyet vermesi olasılığı olduğu gibi oluşturacağı gürültü ile insan sağlığına doğrudan etki edebilecektir. Çamaşır makinasının kazan grubunun dengesiz kütle ve dengesiz kütle olmadan oluşturduğu titreşim incelendi ve yorumlandı. Kazan grubu üzerinde etkiye sahip olan kuvvetler ve bağlantı elemanlarına ait katsayı değerleri değiştirilerek oluşan titreşimi optimum seviyeye getirmek için çalışıldı. Öncelikle bir deney değerleri belirlendi. Bu değerler makina şasesi, denge ağırlıkları, yay, amortisör, sıkma devri, dengesiz kütle ve değiştirilen

değerlerle oluşturulan 2. Analiz. İlk olarak dengesiz kütlelenin etkisi incelendi. Dengesiz kütle 0, 0.3, 0.5 kg ağırlığında değiştirildi. Yay sertliği 8-10 N/mm olarak değiştirildi. Amortisör sönüm katsayısı 100-200 N.s/mm olarak değiştirildi. Sıkma devri 1000-600 d/dk. Değiştirilen ikincil değerler ile yeni bir analiz grubu oluşturuldu ve ilk oluşturulan grup ile karşılaştırıldı. Bu değerlerin değiştirilmesi ve karşılaştırılmasında ANSYS programı (modal ve harmonik analizler) kullanıldı. Karşılaştırmaların amacı optimum seviyedeki değerleri belirleyip, çamaşır makinasının sıkma programında oluşan titreşim değerlerini optimum seviyesini belirlemek ve buna bağlı olarak titreşimi kontrol altına alarak mekanik arızaları ve gürültüyü azaltarak insan sağlığını korumaktır.

**Anahtar Sözcükler :** Çamaşır makinası, titreşim, gürültü, tambur, dengesiz kütle

**Bilim Kodu** : 91420

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **DOMESTIC WASHING MACHINE VIBRATION of PASSIVE CONTROL**

**İlyas TACİR**

**Karabük University**

**Institute of Graduate Programs**

**Department of Mechanical Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Doç. Dr. İsmail ESEN**

**June 2020, 80 pages**

In this study, vibration is occurred determined of domestic wathing machine and working for lower it. Commercial and scientific studies are exhibited vibration and it is resource noise problem are effected control but aren't finished them. Its main problem washing machine spin time is occurred unbalanced mass in drum wall. It is effected vibration for washing machine. Nonending vibration can cause mechanical failure and this vibration cause noise. washing machine of tub has resource vibration andvibration effect noise. The tub group is changing force and fastener' coefficient are studied level of vibration optimization. Firstly a value of test group is determined. This test group is including machine chassis, balanced weights, spring, damper, spin cycle, unbalanced mass.

Unbalanced mass values are changed 0, 0,3 and 0,5 kg mass. Spring stiffness is changed 8 and 10 N/mm. Damper coefficient is changed 100 and 200 N.s/mm. Spin cycle is changed 1000 and 600 rev/min. This new values are composed new test group. We use ANSYS programme (modal and harmonic analysis).

Comparison aim determinethe value of optimum vibration. We can effect of vibration control due to washing machine spin cycle for mechanical failure and noise.

**Key Words** : Washing machine, vibration, noise, drum, unbalanced mass

**Science Code** : 91420



## TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Doç. Dr. İsmail Esen' e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim hayatım boyunca desteklerini hiç esirgemeyen öncelikle annem Mevlüde TACİR ve babam Rüőan TACİR olmak üzere tüm aileme ve daha sonra çalıőmalarım boyunca desteklerini esirgemeyen APACK Ambalaj Makine Sanayi ve Tic. Ltd.Şti'deki bütün çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xv
BÖLÜM 1 .....	17
GİRİŞ .....	17
1.1. GENEL BAKIŞ.....	17
1.2. TANIMLAMALAR.....	18
1.2.1. Titreşim ve Titreşimin Frekansı ve Şiddeti.....	19
1.2.2. Rezonans .....	19
1.2.3. Ses .....	19
1.2.4. Gürültü .....	19
1.3. MALZEMELER .....	20
1.3.1. Paslanmaz Çelik1 .....	21
1.3.2. Galvanizli Sac .....	21
1.3.2. Kauçuk .....	21
BÖLÜM 2 .....	22
ÇAMAŞIR MAKİNASININ TANIMLANMASI.....	22
2.1. ÇAMAŞIR MAKİNASININ TANIMI .....	22
2.2. ÇAMAŞIR MAKİNASINI OLUŞTURAN PARÇALAR.....	22
2.2.1. Şase.....	22
2.2.2. Kazan.....	23

	<b><u>Sayfa</u></b>
2.2.3. Tambur .....	24
2.2.4. Beton bloklar .....	24
2.2.5. Kasnak .....	25
2.2.6. Yay Ve Amortisör .....	25
2.2.7. Motor .....	26
2.2.8. Kayış.....	27
2.2.9. Tambur kanatları .....	27
2.2.10. Tambur yıldızı .....	28
2.2.11. Elektriksel Parçalar.....	28
2.2.12. Rezistans .....	28
2.2.13. Dengesiz Kütle .....	29
2.3. LİTERATÜR TARAMASI.....	29
BÖLÜM 3 .....	35
TASARIM VE ANALİZLER.....	35
3.1. TASARIM.....	35
3.2. ANALİZ .....	37
3.2.1. Modal Analiz .....	38
3.2.2. Harmonik Analiz .....	38
3.3. ANALİZ MODELİ.....	38
3.3.1. Analiz Modelinin Oluşturulması .....	39
3.3.1.1.Geometri .....	40
3.3.1.2.Koordinant Sistemi .....	40
3.3.1.3.Kontaklar.....	40
3.3.1.4.Ağ Örgüsü (Mesh) .....	40
3.3.1.5.Analiz Girdileri .....	41
3.4. ÇAMAŞIR MAKİNASININ DEĞERLERİ .....	42
BÖLÜM 4 .....	76
SONUÇLAR .....	76
KAYNAKLAR .....	78
ÖZGEÇMİŞ .....	80

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Çamaşır makinası şasesi.....	23
Şekil 2.2. Çamaşır makinası kazanı.....	23
Şekil 2.3. Çamaşır makinası tamburu .....	24
Şekil 2.4. Çamaşır makinası üst beton blok .....	24
Şekil 2.5. Çamaşır makinası ön beton blok.....	25
Şekil 2.6. Çamaşır makinası kasnağı.....	25
Şekil 2.7. Çamaşır makinası yayı .....	26
Şekil 2.8. Çamaşır makinası amortisörü.....	26
Şekil 2.9. Çamaşır makinası motoru .....	26
Şekil 2.10. Çamaşır makinası kayışı .....	27
Şekil 2.11. Çamaşır makinası kanatı .....	27
Şekil 2.12. Çamaşır makinası tambur yıldızı .....	28
Şekil 2.13. Çamaşır makinası rezistansı.....	29
Şekil 2.14. Çamaşır makinası modeli.....	30
Şekil 2.15. Basitleştirilmiş çamaşır makinası modeli.....	31
Şekil 2.16. Çamaşır makinasının basitleştirilmiş modeli .....	32
Şekil 2.17. Yatay eksenli çamaşır makinasının fiziksel modeli .....	32
Şekil 2.18. Çamaşır makinasının şematik görünümü ve yardımcı koordinat sistemi	33
Şekil 2.19. Çamaşır makinasının modeli ve koordinant sistemi .....	33
Şekil 2.20. Çamaşır makinasının şeması .....	34
Şekil 3.1. Şasenin ön ve yan görünüşü.....	36
Şekil 3.2. Şasenin izometrik görünüşü .....	36
Şekil 3.3. Kazan montaj grubu ön ve yan görünüşü.....	37
Şekil 3.4. Kazan montaj grubu izometrik görünüşü.....	37
Şekil 3.5. ANSYS Workbench’de seçilen analizin gösterimi .....	39
Şekil 3.6. Proje ağacı.....	39
Şekil 3.7. Çamaşır makinası modelinin ağ örgüsünün önden görünüşü. ....	41
Şekil 3.8. Çamaşır makinası için girdiler .....	41
Şekil 3.9. Çamaşır makinası yüzeylerinin adlandırılması .....	42
Şekil 3.10. Toplam deformasyon mod 1’in davranışı gösterilmiştir.....	44

Şekil 3.11. Doğrusal deformasyon mod 1'in sırayla x, y ve z eksenlerindeki davranışı. ....	44
Şekil 3.12. Dengesiz kütle etkisinde, toplam deformasyon mod 1'in davranışı. ....	45
Şekil 3.13. Dengesiz kütle etkisinde, doğrusal deformasyon mod 1'in sırasıyla x, y ve z eksenlerindeki davranışı .....	45
Şekil 3.14. Total deformasyon mod 1' in dengesiz kütle etkisinde olmayan model ve olan modelin ön görünüşleri.....	46
Şekil 3.15. Dengesiz kütle 0 kg, ön yüzeye ait doğrusal deformasyon genliğinin z eksenindeki davranışı .....	47
Şekil 3.16. Dengesiz kütle 0 kg, Arka yüzeye ait doğrusal deformasyon genliğinin z eksenindeki davranışı .....	47
Şekil 3.17. Dengesiz Kütle 0,3 kg, sağ yüzeye ait x eksenindeki deformasyon genliği .....	48
Şekil 3.18. Dengesiz kütle 0,3 kg, sol yüzeye ait x eksenindeki deformasyon genliği .....	49
Şekil 3.19. Dengesiz kütle 0,3 kg, kazanın x ve y eksenlerindeki deformasyon genliği .....	50
Şekil 3.20. Dengesiz kütle 0,3 kg, kazanın x ve y eksenlerindeki ivmelenme genliği ..	50
Şekil 3.21. Dengesiz kütle 0-0,3 kg karşılaştırılması, sağ yüzeyine ait deformasyon genliğinin x eksenindeki davranışı.....	51
Şekil 3.22. Dengesiz kütle 0-0,3 kg karşılaştırılması, kazana ait deformasyon genliğinin x eksenindeki davranışı.....	52
Şekil 3.23. Dengesiz kütle 0-0,3 kg karşılaştırılması, kazana ait deformasyon genliğinin y eksenindeki davranışı.....	52
Şekil 3.24. Dengesiz kütle 0-0,3 kg karşılaştırılması, sol yüzeye ait ivmelenmenin x eksenindeki davranışı.....	53
Şekil 3.25. Dengesiz kütle 0,5 kg, ön yüzeye ait z eksenindeki deformasyon genliği .....	55
Şekil 3.26. Dengesiz kütle 0,5 kg, ön yüzeye ait z eksenindeki ivmelenme.....	55
Şekil 3.27. Dengesiz kütle 0,5 kg, arka yüzeye ait z eksenindeki deformasyon genliği .....	56
Şekil 3.28. Dengesiz kütle 0,3-0,5 kg karşılaştırılması, sağ yüzeyin x eksenindeki deformasyon genliği gösterilmiştir .....	57
Şekil 3.29. Dengesiz kütle 0,3-0,5 kg karşılaştırılması, sol yüzeyin x eksenindeki deformasyon genliği.....	57
Şekil 3.30. Dengesiz kütle 0,3-0,5 kg karşılaştırılması, kazanın x eksenindeki ivmelenmesi. ....	58
Şekil 3.31. Yay sertliği 10 N/mm, kazanın y eksenindeki deformasyon genliği.....	59
Şekil 3.32. Yay sertliği 10 N/mm, kazanın y eksenindeki ivmelenmesi.....	60

Şekil 3.33. Yay sertliği 8-10 N/mm karşılaştırılması, sağ yüzeylerinin x eksenindeki deformasyon genliği.....	61
Şekil 3.34. Yay sertliği 8-10 N/mm karşılaştırılması, sol yüzeylerinin x eksenindeki deformasyon genliği.....	61
Şekil 3.35. Yay sertliği 8-10 N/mm karşılaştırılması, kazanın x eksenindeki deformasyon genliği.....	62
Şekil 3.36. Amortisör sönüm kat sayısı 200 N.s/mm, kazanın y eksenindeki ivmelenmesi .....	63
Şekil 3.37. Amortisör sönüm kat sayısı 200 N.s/mm, üst yüzeyin y eksenindeki deformasyon genliği.....	64
Şekil 3.38. Amortisör sönüm kat sayısı 100-200 N.s/mm karşılaştırılması, sağ yüzeylerin x eksenindeki deformasyon genliği.....	65
Şekil 3.39. Amortisör sönüm kat sayısı 100-200 N.s/mm karşılaştırılması, arka yüzeylerin z eksenindeki ivmelenmesi.....	65
Şekil 3.40. Amortisör sönüm kat sayısı 100-200 N.s/mm karşılaştırılması, kazanın y eksenindeki deformasyon genliği.....	66
Şekil 3.41. Tambur dönüş hızı 600 d/dk, kazanın x eksenindeki deformasyon genliği .....	67
Şekil 3.42. Tambur dönüş hızı 600 d/dk, kazanın y eksenindeki deformasyon genliği .....	68
Şekil 3.43. Tambur dönüş hızı 600 d/dk, üst yüzeyin y eksenindeki ivmelenmesi ...	68
Şekil 3.44. Tambur dönüş hızı 1000-600 d/dk karşılaştırılması, sağ yüzeyleri x eksenindeki ivmelenmesi .....	69
Şekil 3.45. Tambur dönüş hızı 1000-600 d/dk karşılaştırılması, kazanın y eksenindeki ivmelenmesi .....	70
Şekil 3.46. 1 ve 2. analizlerin karşılaştırılması, sağ yüzeylerin x eksenindeki deformasyon genliği gösterilmiştir. ....	72
Şekil 3.47. 1 ve 2. analizlerin karşılaştırılması, sol yüzeyin x eksenindeki ivmelenmesi .....	72
Şekil 3.48. 1 ve 2. analizlerin karşılaştırılması, kazanın x eksenindeki ivmelenmesi. ....	73
Şekil 3.49. 1 ve 2. analizlerin karşılaştırılması, kazanın y eksenindeki deformasyon genliği.....	73
Şekil 3.50. 1 ve 2. analizlerin karşılaştırılması, ön yüzeyin z eksenindeki ivmelenmesi .....	74
Şekil 3.51. 1 ve 2. analizlerin karşılaştırılması, arka yüzeylerin z eksenindeki deformasyon genliği gösterilmiştir. ....	74

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 1.1. Gürültü seviyesi ve sağlık üzerindeki etkileri.....	20
Çizelge 3.1. Modal, dengesiz kütle 0kg harmonik analiz girdileri gösterilmiştir .....	43
Çizelge 3.2. Dengesiz kütle 0,3 kg olan harmonik analiz girdileri gösterilmiştir.....	43
Çizelge 3.3. Dengesiz kütle 0,5 kg olan harmonik analiz girdileri gösterilmiştir.....	54
Çizelge 3.4. Yay sertliği 10 N/mm harmonik analiz girdileri gösterilmiştir .....	59
Çizelge 3.5. Amortisör sönüm katsayısı 200 N.s/mm harmonik analiz girdileri.....	63
Çizelge 3.6. Tambur dönüş devri 600 d/dk harmonik analiz girdileri .....	67
Çizelge 3.7. 2.analiz grubu harmonik analiz girdileri gösterilmiştir .....	71

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

N	: newton
mm	: milimetre
d/dk	: devir / dakika
s	: saniye
Hz	: hertz
dB	: desibel
W/cm <sup>2</sup>	: titreşimin şiddeti
ILO	: uluslararası çalışma örgütü
Cr	: krom



## **KISALTMALAR**

AISI : American Iron and Steel Institute (Amerika Demir ve elik Enstitüsü)

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

#### 1.1. GENEL BAKIŞ

Ev tipi çamaşır makinaları iki çeşit olarak literatürde yer almaktadır. Bunlar önden yüklemeli ve üstten yüklemeli olarak ikiye ayrılmaktadır. İnsanların hayat tarzları ülkelerin kullanım alışkanlıklarından kaynaklanan bu çeşitlikte önden yüklemeli olan çamaşır makinaları önde yer almaktadır. Biz de bu çalışmada önden yüklemeli çamaşır makinası modelini ele alacağız. Tabiki bu talepleri karşılamak isteyen üretici firmalar rekabeti de göz önüne alarak, her yeni üründe gerek kapasite gerekse de fonksiyonların geliştirilmesiyle ilgileniyorlar ve bunda da gayet başarı sağlıyorlar. Fakat eklenen her yeni parça ve fonksiyonun makina modeli üzerinde yeni bir etki oluşturmaktadır. Bu etkiler büyük oranda titreşim ve titreşim kaynaklı mekanik arızalar ve titreşime bağlı gürültüdür. Sektör içerisinde yer alan ticari firmalar ve firma mühendisleri bu konular üzerinde çalışarak katma değeri ve gürültü açısından kullanıcı dostu ürün üzerinde çalışmaktadırlar.

Günümüzde artan ve gittikçe artmaya devam eden dünyamızı gelecekte bekleyen bir çok tehlikeden biride kontrol edilemeyen gürültüdür. Gürültü; dünyamızı tehdit eden çevre kirliliği adı altındaki başlıklardan bir tanesidir. Artan gürültü kirliliği bir süre sonra bu seslere maruz kalan insanlar üzerinde birçok yan etkileri ortaya çıkartabileceği gibi meslek hastalıklarınada sebep olmaktadır. Belirli mekanlar için belirlenmiş eşik değerler mevcuttur. Bu eşik değerleri dBA ile ölçülemektedir. Bu değerlerin altına inmek toplum sağlığını fizyolojik ve psikolojik olarak korumak için önemlidir.

Mekanik arızalar ise titreşiminden doğrudan yada dolaylı etkilenmesi muhtemel tüm çamaşır makinası ekipmanları risk altına almaktadır. Bu risk; titreşim altında çalışan

ekipmanlar rezonansa girerek sabit ya da hareketli parçaların çalışmasını etkileyebileceği gibi kırılmalarına yada bozulmalarına sebep olabilir. Mekanik arıza türlerine verilebilecek en kesin ve en somut örnek ise motordan aldığı dönme hareketini, kayış ve kasnak sayesinde tambura aktaran mil sisteminin yataklanmasında kullanılan rulmanlardır. Bu rulmanlar kontrol edilemeyen düzensiz titreşimlere uzun süre maruz kaldıklarında, rulman içerisinde bulunan bilyelerin dağılması söz konusu olabilmektedir.

Çamaşır makinası içerisindeki çalışan aksamaların birbirleriyle etkileşimleri sonuçun da titreşim oluşur. Bunun yanında en büyük titreşim kaynağı; Çamaşır makinası sıkma programında yüksek devirlere çıkarken, tambur içerisindeki ıslanan çamaşırların homojen dağılmaması sonucunda ortaya çıkan merkezkaç kuvvetidir. Homojen dağılamayan çamaşırlar dengesiz kütle olarak adlandırılmaktadır. Dengesiz kütle oluşturduğu titreşimleri kontrol altına alabilmek için yay, amortisör ve beton denge ağırlıklarından oluşan ekipmanlar bulunmaktadır. Bu ekipmanların sayısı değişebilse de genel olarak iki yay, iki amortisör ve üst ve ön beton denge ağırlığı kullanılmaktadır.

Bu titreşimlerin etkilerini azaltabilmenin bir çok değişik yöntem denenmektedir. Bu yöntemlerden biri yay sertliği ve amortisör sönüm katsayılarını değiştirerek titreşime maruz kalan aksamaları hareketini kısıtlamak üzerine çalışılmaktadır. Başka bir yöntem ise titreşime maruz kalan makina gövdesini zemin ile kontak noktaları olan kauçuk ayaklardır. Bu ayakların sürtünme katsayıları yada darbe emiciliklerini arttırmakda bir çözüm olabilmektedir. Bu tür denemeler gibi bir çok fikir üzerine çalışma yapılmaktadır. Fakat biz bu çalışmada kazan grubunu ana gövdeye bağlanmasını sağlayan ve aynı zamanda en önemli görevi kazan grubu üzerinde olan titreşimleri minimize etmek olan yay, amortisör, sıkma devri ve en önemlisi oluşan dengesiz kütle üzerine yoğunlaşacağız.

## **1.2 TANIMLAMALAR**

### **1.2.1. Titreşim ve Titreşimin Frekansı ve Şiddeti**

Titreşim; Mekanik bir sistemdeki salınım hareketlerini tanımlayan bir terimdir. Potansiyel enerjinin kinetik enerjiye, kinetik enerjinin potansiyel enerjiye dönüşmesi olayına titreşim denir [1].

Titreşimin frekansı; birim zamandaki titreşim sayısına frekans denir. Birimi hertz'dir (Hz).

Titreşimin şiddeti; Titreşim olduğu ortamda, titreşimden ileri gelen enerjinin hareket yönüne dikey, birim alanda, birim zamandaki akım gücüne, titreşimin şiddeti denir. Birimi  $W/cm^2$  dir.

### **1.2.2. Rezonans**

Zorlama frekansı ile sistemin doğal frekansının eşit olduğu durumdur. Bu durum gerçekleştiğinde, sistemin genliği matematiksel olarak sonsuza gider. Fiziksel olarak ise sistemde büyük hasara yol açar [2]. Titreşimlerin çamaşır makinasına mekanik açıdan zarar vermesinin temel nedeni rezonanstır.

### **1.2.3. Ses**

Titreşim kaynağının hava basıncında yaptığı dalgalanmalar ile oluşan ve insanda işitme duygusunu uyaran fiziksel bir olaydır. İnsan Kulağı 0-140 dB arasındaki sesleri algılamaktadır [1].

### **1.2.4. Gürültü**

Gürültü insan ve toplum üzerinde olumsuz etki yapan ve istenmeyen seslere denir. Belirgin bir yapısı olmayan, içerdiği öğelerle kişileri bedensel ve psikolojik olarak etkileyebilen ses düzeni olarak da tanımlanmaktadır [1]. Uluslararası çalışma

örgütünün (ILO) tanımında gürültü terimi “Bir işitme kaybına yol açan, sağlığa zararlı olan veya başka tehlikeleri ortaya çıkartan bütün sesleri kapsar.” şeklinde tanımlanmaktadır [3]. Genel olarak 50 dB üzerindeki seslerin insan psikolojini olumsuz etkilediği söylenebilir [2]. Ayrıca uyku bozukluğu, stres, iş yapabilme yeteneğinde azalmaya da yol açabilir. Gürültünün fiziksek, fizyolojik ve psikolojik etkilerini önleyecek koruyucu uygulamalara ağırlık verilmelidir.

Gürültünün Etkileri;

- Fiziksel etkileri; Gürültünün işitme duyusunda oluşturduğu etkiler.
- Fizyolojik etkileri; Kas gerilmeleri, stres, kan basıncında artış, kalp atışlarının ve kan dolaşımının değişmesi, göz bebeklerinin büyümesi ve solunum hızlanmasıdır.
- Psikolojik etkileri; Sinir bozukluğu, korku, tedirginlik, yorgunluk, zihinsel etkinlikler de yavaşlama meydana gelir [1].

Gürültünün insan ve toplum sağlığı üzerindeki etkileri çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1: Gürültü seviyesi ve sağlık üzerindeki etkileri [3].

<b>Gürültü Derecesi</b>	<b>Etkilenme Aralığı (dBA)</b>	<b>Sağlık üzerine Etkileri</b>
1.Derecedeki gürültüler	30- 65	Konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, kızgınlık, uyku düzensizliği ve yoğunlaşma bozukluğu.
2.Derecedeki gürültüler	65-90	Fizyolojik reaksiyonlar; Kas gerilmeleri, stres, kan basıncında artış, kalp atışlarının ve kan dolaşımının değişmesi, göz bebeği büyümesi, solunum hızlanmasıdır.
3.Derecedeki gürültüler	90-120	Fizyolojik reaksiyonlar, baş ağrıları.
4.Derecedeki gürültüler	120-140	İç kulakta devamlı hasar, denge bozulması
5.Derecedeki gürültüler	>140	Ciddi beyin tahribatı, kulak zarının patlaması

Gürültü kontrolü; Oluşan gürültüleri kontrol altına alabilmek için gürültünün etmeni olan titreşimleri kontrol altında tutmalıyız.

## **1.2. MALZEMELER**

Çamaşır makinasını oluşturan parçaların malzemeleri farklılık göstermektedir. Bu malzemelerin mekanik özellikleri, incelenecek olan analizlerde önemli bir yer tutmaktadır.

### **1.2.1. Paslanmaz Çelik**

Paslanmaz çelikler; içerisinde en az %10,5 oranında ağırlıkça krom (Cr) içeren demir esaslı alaşımlar olarak tanımlanırlar. Paslanmaz çeliğin yüzeyinde oluşan ince fakat yoğun kromoksit tabakası korozyona karşı yüksek dayanım sağlar ve oksidasyonun daha derine ilerlemesinin engeller [4].

### **1.2.2. Galvanizli Sac**

Korozyon kendiliğinden gerçekleşen doğal bir olay olup, durdurmak mümkün değildir. O halde prosesler korozyona karşı dirençli hale gelmeli, malzeme seçiminde korozif direnci yüksek olanlar seçilmelidir. Uygulamada karşılaşılan metal yüzeylere koruyucu yöntemlerden biri galvaniz kaplamadır. Korozyon dayanımında daha fazla avantaj elde edilmek için çinko ile kaplanarak çelik koruma altına alınır. Yoğunlaşan çinko kaplamadır (galvaniz) [5].

### **1.2.3. Kauçuk**

Bir kauçuk mamülü (kauçuk Teknik parça) elastiki (esneklik) özelliği ile üstünlük gösterir. Bu özellikler ona endüstrinin hemen hemen tüm kollarında inanılmaz derecede farklı kullanım alanları açar. Görevleri kısaca; darbe, ses ve titreşim önleyici, sızdırmazlık elemanı, sıvı iletimi, taşıtlarda tekerlek lastiği vb. diye özetlenebilir.

Beyaz eşya sektöründe kullanılan lastik körükler cantalar ile sıcak ve soğuk su hortumları, bulaşık ve çamaşır makinası ile şofben gibi yaşamımızı kolaylaştıran eşyaların önemli fonksiyonel parçaları olmuşlardır [6].

## **BÖLÜM 2**

### **ÇAMAŞIR MAKİNASININ TANIMLANMASI**

#### **2.1 ÇAMAŞIR MAKİNASININ TANIMI**

Bir çamaşır makinesi, su seviyesi, yükü, sıcaklığı ve kazan hareketleri gibi sensör bilgilerine dayanan entegre kontrol sistemleri ile kontrol edilen motorlar, ısıtıcılar, pompalar ve valflerin olduğu kompleks mekatronik bir yapıdır [7].

#### **2.2. ÇAMAŞIR MAKİNASINI OLUŞTURAN PARÇALAR**

##### **2.2.1. Şase**

Çamaşır makinasının görünen yüzüdür. Galvanizli sacdan imal edilen gövde üzerine, pres baskı ile değişik şekiller verilen dış çerçeve olup diğer tüm aksamaları içerisinde barındırır. Bu şekiller şaseyi mukavemetlendirmek ve titreşimleri kontrol altına alma çalışmaları için oluşturulan tasarımlar sonucunda ortaya çıktığı bilinmektedir.



Şekil 2.1. Çamaşır makinası şasesi.

### 2.2.2. Kazan

İçerisine suyu ve yıkama sırasında kullanılacak olan katkı maddelerini alan ve rezistans sayesinde suyun ısıtıldığı makina parçasıdır. Tambur, kazan içerisine yerleştirilir. İki parçadan oluşur. Bu parçalar sızdırmazlığı sağlamak için arasına conta yerleştirilerek vidalı bağlantı ile sabitlenir. Farklı malzeme türlerinden üretilebilir. Bizim incelediğimiz tambur plastik malzemedен imal edilmiştir. Kazan üzerine beton bloklar monte edilerek dengeleyici kuvvet oluşturulur.



Şekil 2.2. Çamaşır makinası kazanı.



### 2.2.3. Tambur

Çamaşırların içerisine yerleştirilerek yıkandığı bölümdür. Tambur üzerinde birçok delik bulunur. Bu delikler sayesinde kazan içerisinde bulunan su ve deterjanın içeriye girmesi sağlanır. İçerisinde çamaşır dağıtıcı olarak görev yapan kanatçıklar bulunur. Tambur bir mil sayesinde kazan dışından kasnak parçasına monte edilerek motordan iletilen tahrik ile dönme hareketini gerçekleştirir. Tamburun malzemesi paslanmaz çeliktir.



Şekil 2.3. Çamaşır makinası tamburu.

### 2.2.4. Beton Bloklar

Dengeleyici kütle olarak kullanılırlar. Beton malzemedен tek parça halindedir. Çamaşır makinası kazanının üzerine ve ön tarafına vida yardımıyla montajlanır.



Şekil 2.4. Çamaşır makinası üst beton blok.



Şekil 2.5. Çamaşır makinası ön beton blok.

### 2.2.5. Kasnak

Motorun oluşturduğu dairesel hareketi kayış yardımıyla üzerine alır ve göbek kısmından tambura bağlanan mil ile hareketi tambura iletir.



Şekil 2.6. Çamaşır makinası kasnağı.

### 2.2.6. Yay ve Amortisör

Yay ve amortisörlerin görevleri aynıdır. Belirli bir sertliğe sahiptirler. Kullanım amaçları kazan grubundan aldıkları titreşimi çamaşır makinası şasesine iletmeden azaltmaktır.



Şekil 2.7. Çamaşır makinası yayı.



Şekil 2.8. Çamaşır makinası amortisörü.

### 2.2.7. Motor

Asekron elektrik motoru çalışma prensibine göre çalışan 2 yada 4 kutuplu olarak değişen, çamaşır makinası tamburuna dönme hareketinin veren parçadır. Kutup sayısına ve bağlantı şekline bağlı olarak devir sayısı değişiklik gösterir.



Şekil 2.9. Çamaşır makinası motoru.

### 2.2.8. Kayış

Motorun oluşturduğu dairesel hareketi kasnağa iletmek için kullanılır. Birçok malzemededen olabileceği gibi, incelediğimiz çamaşır makinasında kauçuk malzemededen imal edilmiştir.



şekil 2.10. Çamaşır makinası kayışı.

### 2.2.9. Tambur Kanatları

Tambur kanatları; tamburun i yüzeyine bağlanarak dönme esnasında çamaşırları dağıtmak için kullanılır. Malzemesi plastiktir. Genellikle tambur içerisinde u adet bulunur.



şekil 2.11. Çamaşır makinası kanatı.

### 2.2.10. Tambur Yıldızı

Tambur yıldızı; kayış sayesinde kasnağa gelen dönme hareketini, kasnağa göbeginden bağlanarak bu hareketi tambura iletir.



Şekil 2.12. Çamaşır makinası tambur yıldızı.

### 2.2.11 Elektriksel Parçalar

Çamaşır makinasını programsal olarak yöneten tüm aksamı kapsamaktadır. Çamaşır makinasının kartı, rezistansa elektrik iletimi, termostatdan alınan verilerin programa taşınması ve en önemlisi güç kablosundan oluşur.

### 2.2.12. Rezistans

Rezistans kazan içerisine alınan suyun programdan aldığı girdi değerine kadar ısıtın parçadır. Kullanıldığı ülkeye göre çalışma voltajı değişmekte olup ülkemizde 220 Volt ile çalışır.



Şekil.2.13. Çamaşır makinasının rezistansı.

### 2.2.13. Dengesiz Kütle

Tambur içerisinde ıslanan çamaşırların homojen dağılmaması sonucunda oluşur. Yüksek sıkma devrinde merkezkaç kuvvetinin etkisiyle tambur duvarına yapışan çamaşırların ağırlık merkezi, çamaşır makinasının ağırlık merkeziyle keşişmemesinden kaynaklı makina üzerinde ek bir yük oluşturur. Oluşan bu yük titreşimleri farklılaştırarak bu çalışmanın temel kavramını ortaya çıkarır. Bu çalışmada olduğu gibi bu alandaki diğer çalışmalarda da dengesiz kütlenin dengelenmesine yönelik yada oluşturduğu titreşimleri yutmaya yönelik çalışılmıştır.

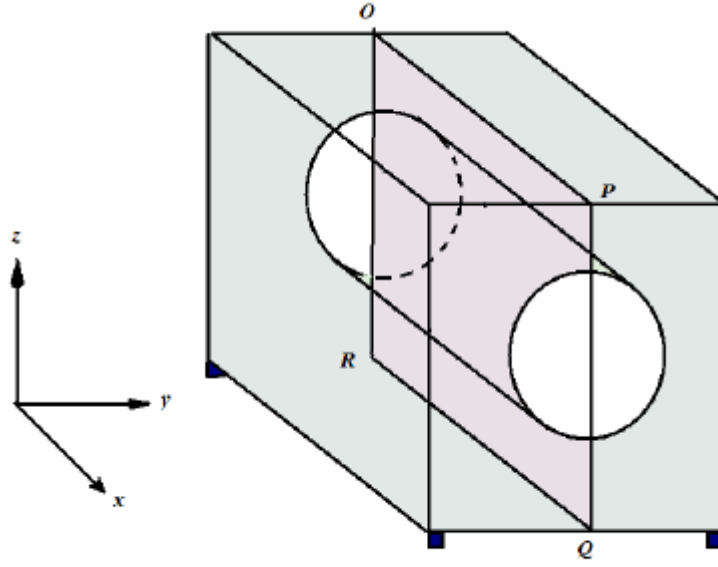
### 2.3. LİTARATÜR TARAMASI

Günümüzde, beyaz eşya sektöründe, titreşim ve gürültü performansı bakımından en kritik ürünlerden biri çamaşır makinasıdır. Çamaşır makinasının en yüksek titreşim düzeyinin sıkma çalışma adımında olduğu bilinmektedir. Makina üzerinde çok sayıda esnek yapının bulunması nedeniyle ilgilenilen frekans aralığında titreşimi yaratan parçanın hangisi olduğunu anlamak çok güçtür. Bazı durumlarda, böyle bir tespiti yapmak uzun zaman almakta, bazı durumlarda mümkün bile olmamaktadır [8].



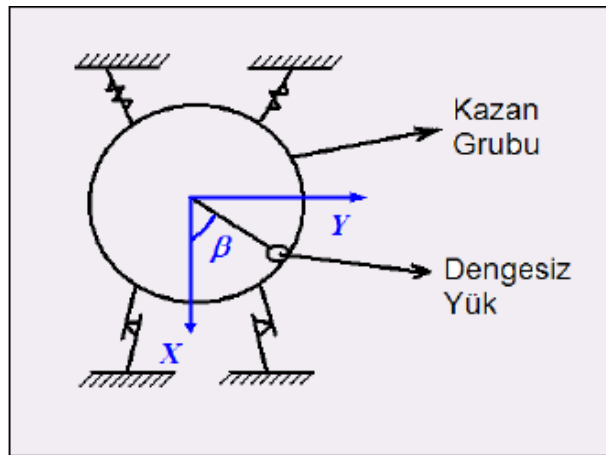
Şekil.2.14. Çamaşır makinası modeli.

Yıkanan çamaşırlar, orantısız dağılarak dengesiz yük oluşturur. Bu degesiz yük, sıkma devirlerinde merkezkaç kuvvet oluşturarak, ayaklara yatay kuvvetlerin etkilemesine yol açar. Bu yatay yükler sürtünme kuvvetinden büyük olduğu zaman çamaşır makinası yürümeye başlar. Yürüme davranışı dengesiz yükün büyüklüğüne, ayakların sürtünme katsayısına, çamaşır makinasının kütlesine, dengesiz yükün ve gövdenin ağırlık merkezlerinin yerine, tambur dönüş hızına bağlıdır. Çamaşır makinasının basitleştirilmiş modeli aşağıda görülmektedir.



Şekil.2.15. Basitleştirilmiş çamaşır makinası modeli.

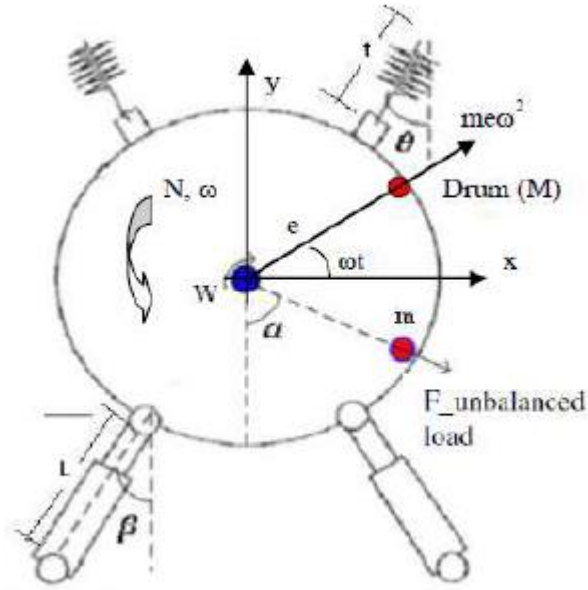
Genel sistem sadeleştirilerek, çamaşır makinasının kazan grubunun hareket denklemleri elde edilmiştir. Çamaşır makinasının hareket denklemlerini oluşturabilmek için, Lagrange denklemlerinden faydalanılmıştır. Oluşturulan analitik model kullanılarak, gövdeye yaylar ve amortisörler ile bağlı olan kazan grubunun, içinde dönen bir dengesiz yükün olması durumunda, yukarı-aşağı, sağa-sola yaptığı hareketlerin denklemleri oluşturulmuştur.ve bazı kabuller yapıldıktan sonar analitik model oluşturulmuştur [9].



Şekil 2.16. Çamaşır makinasının basitleştirilmiş modeli.

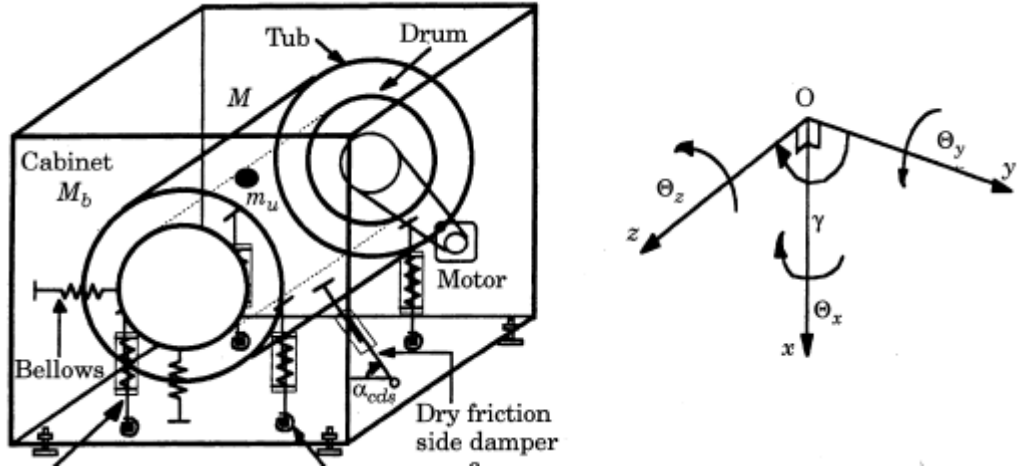


Yatay eksenli bir çamaşır makinasının sıkma programındaki fiziksel modeli incelenmiştir. Yatay eksenli çamaşır makinasının kütlesi  $M$ , her birinin katılık katsayısı  $k$  olan iki adet yay ve yine herbirinin sönğmleme kat sayısı  $c$  olan iki adet amortisör, yayların açısı ... ve amortisörlerin açısı ..., ıslak çamaşırların kütlesi  $m$ , merkeze uzaklığı  $e$  ve sıkma hızı  $N$  d/dk olarak alınmıştır [10].



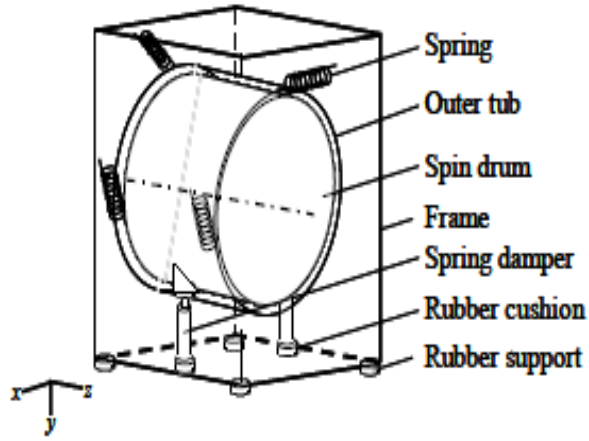
şekil 2.17. Yatay eksenli çamaşır makinasının fiziksel modeli.

Kartezyen koordinat sistemi üzerinde gösterdikleri çamaşır makinasının, dinamik hareket denklemlerinin ve deneysel doğrulama sonuçlarının detaylarını paylaşmışlardır. Denklemler Newton'un ikinci yasaında yer çekimi kanunu 6 serbestlik dereceli denklem olarak ele alırken Euler denklemlerinin etkilerini göz ardı etmişlerdir [11].



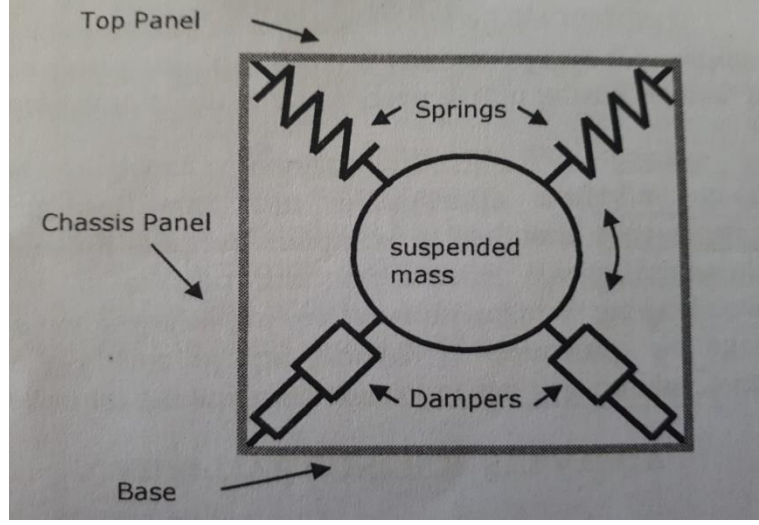
Şekil 2.18. Çamaşır makinasının şematik görünümü ve yardımcı koordinat sistemi.

Çamaşır makinası tamburunun yatay ekseninde dönen modeli vardır. Bu modelin birkaç avantajı vardır. Bunlar; su ve kurutma verimliliğidir. Fakat bu modal genellikle çamaşırları dağıtamaz ve tamburun için duvarına yapıştırabilir. Bunun sonucunda dengesiz kütle oluşabilir ve kolayca titreşim sorununa neden olabilir. Şekil 2.19’da bu çalışma için çamaşır makinasının yapısı gösterilmiştir [12].



Şekil 2.19. Çamaşır makinasının modeli ve koordinat sistemi.

Tambur, kıyafetler, su, motor ve iletim ünitesi belirlenmiş kütle diye adlandırılmaktadır. Belirlenmiş kütle 2 tane yay ile üst panaleve 2 amortisör ile de kabinin zeminine bağlanmaktadır. Çamaşır makinası titreşimleri, sıkma anında dengesiz kütle momentumundan dolayı oluşmaktadır. Dengesiz kütle ağırlık merkezi, genel ağırlık merkeziyle kesişmemektedir [13].



Şekil 2.20. Çamaşır makinasının şeması.

## BÖLÜM 3

### TASARIM VE ANALİZLER

Ev tipi çamaşır makinasının 3B modeli SOLİDWORKS programında modellenmesi ve modellenen çamaşır makinasının ANSYS programında analizlerinin gerçekleştirildi.

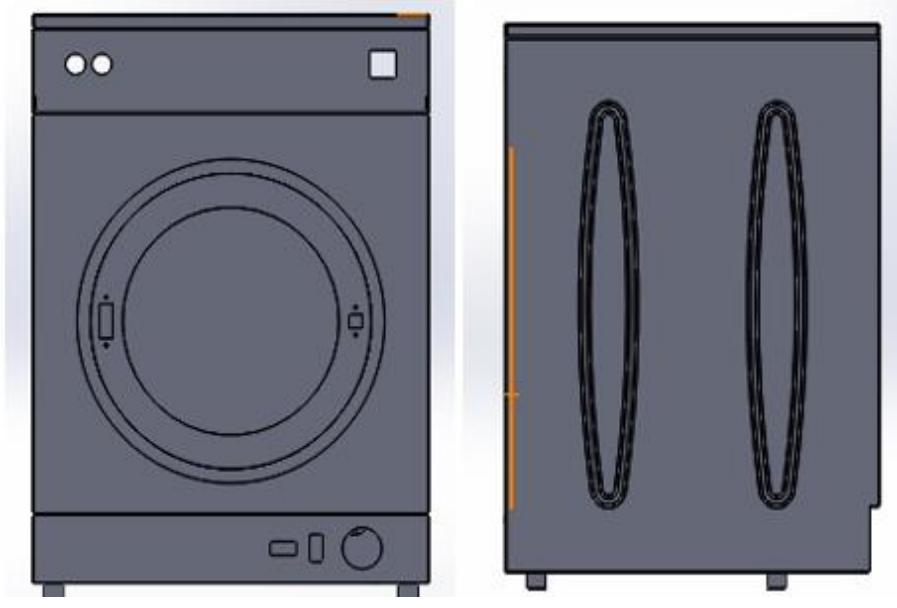
#### 3.1 TASARIM

Tasarım; ev tipi çamaşır makinasının her bir parçası birebir olarak SOLİDWORKS programında çizildi. Çizilen parçalar montaj alanında gerekli montaj kuralları uygulanarak montajlandı. Oluşturalan montaj analiz program üzerinde çıkabilecek olası hatalara göre revize edildi. Revize edilmesinin başlıca sebebi analiz programının temelini oluşturan ağ örgüsü (mesh) işleminin doğru bir şekilde olması için yapıldı.

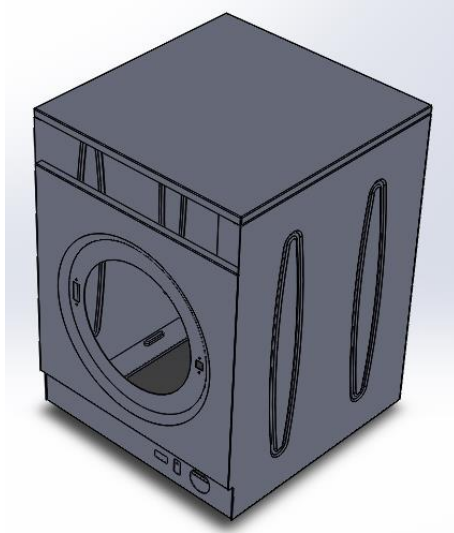
Çizilen makina parçaları şase, tambur, kazan, beton bloklar, tambur yıldızı, tambur kanadı ve kasnaktır. Çizilen parçalar iki ayrı grup olarak değerlendirildi. Bu gruplar; şase ve kazan montaj grubudur.

Motor, rezistans, kayış ve elektrik aksamaları ihmal edildi.

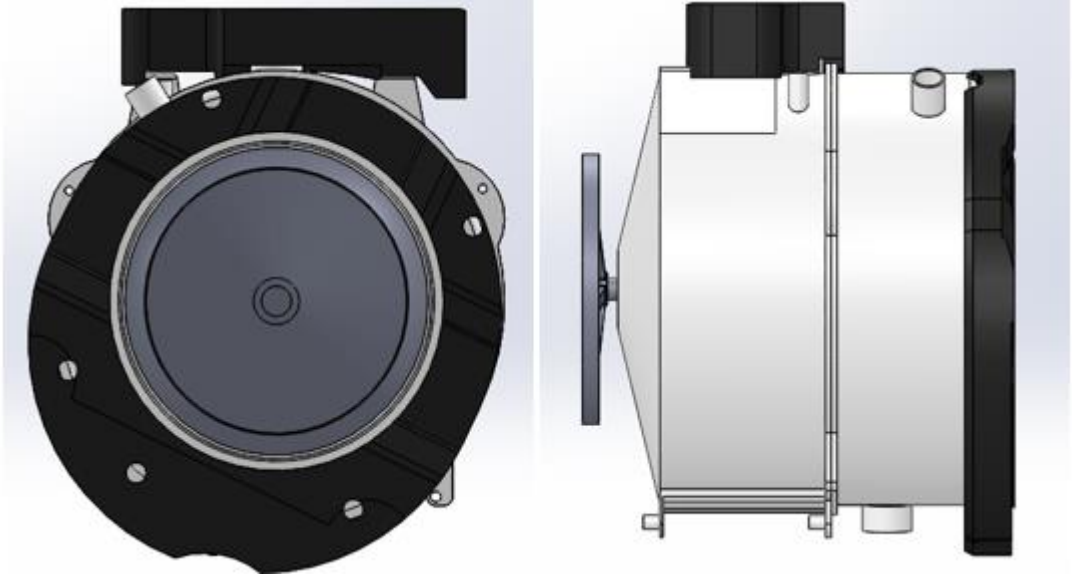
Şase ve kazan montaj grubuna ait montajların ön, yan ve izometrik görünüşleri Şekil 3.1, 3.2, 3.3 ve 3.4’de gösterilmiştir.



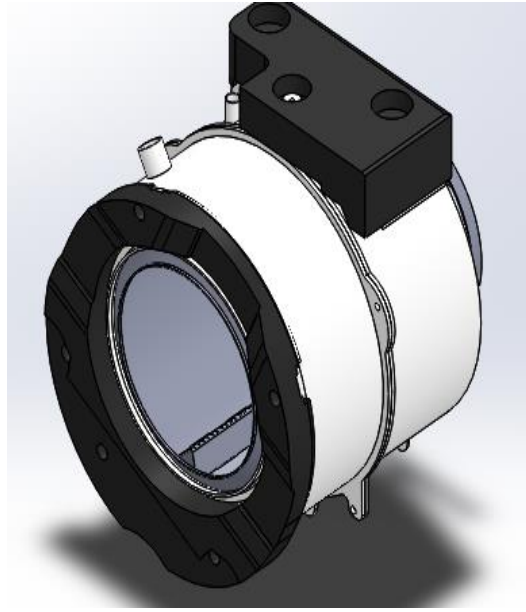
Şekil 3.1. Şasenin ön ve yan görünüşü.



Şekil 3.2. Şasenin izometrik görünüşü.



Şekil 3.3. Kazan grubunun ön ve yan görünüşü.



Şekil 3.4. Kazan grubunun izometrik görünüşü.

### 3.2 ANALİZ

Bu çalışmada kullanılan ANSYS sonlu elemanlar analiz programı kullanıldı. ANSYS programına, modellenmiş olan çamaşır makinasının modelini uygun dosya formatında aktarıldı. Uygun formatta aktarılan dosya WORKBENCH sayfasında yapılmak istenilen analiz türünde geometri olarak açıldı.

Program vasıtasıyla açılan model analizde kullanılacak mesh, koordinat sistemi, eklenmesi gereken yapılar ve gerekli girdiler sağlandı. Bu verilerden yola çıkarak çamaşır makinasının modal ve harmonik analizleri incelendi.

Analiz sonuçları, değişkenlerin değerleri değiştirilerek kıyaslandı ve optimizasyon yapıldı.

### **3.2.1 Modal Analiz**

Doğada olan tüm nesnelerin belirli bir frekansta titreştiği bilinmektedir. Bu titreşimlere doğal titreşim adı verilir. Analiz programlarında bu titreşimleri ve etkilerini görmek için modal analiz kullanılmaktadır.

Modal analizlerde çamaşır makinasının total deformasyon ve doğrusal deformasyonları incelendi. Doğrusal deformasyon doğal titreşim modlarının x, y, z eksenlerinde ayrı ayrı incelememize yardımcı oldu.

### **3.2.2 Harmonik Analiz**

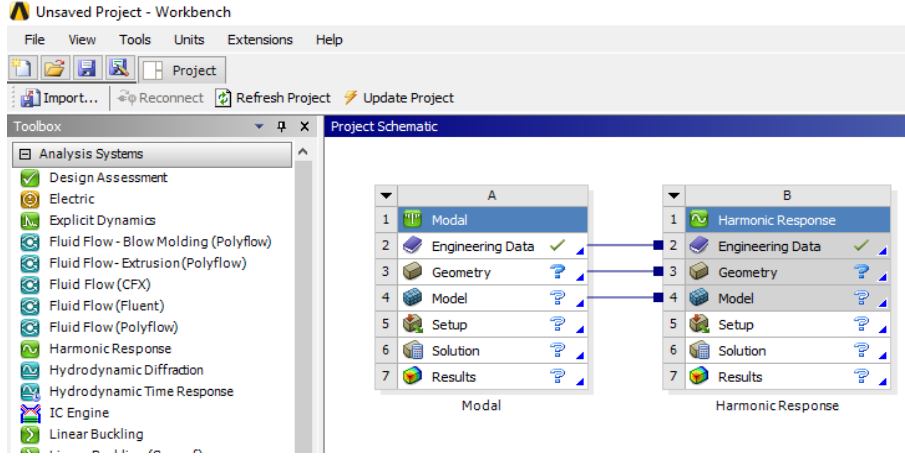
Analizi yapılmak istenilen nesneye, belirli bir frekans aralığında belirli bir kuvvetin yada etki eden farklı bir verinin tekrarlı şekilde etkisini, analiz etmekte kullanılan analiz türüdür. Bu sayede tekrarlı olarak yanı kuvvete maruz kalan yüzey veya nesnelerin defermasyonlarının incelenmesi ve karşılaştırılmasında kullanılmaktadır.

Harmonik analiz ile çamaşır makinasına etki eden vektörel kuvvetler, döndürme kuvvetleri, yer çekimi ivmesi girdileri karışında çamaşır makinası üzerinde oluşan etkiler gözlemlendi ve kıyaslandı.

## **3.3. ANALİZ MODELİ**

Analiz yapılacak olan montaj grubu analize uygun formatta kaydedildikten sonra ANSYS Workbench sayfasında öncelikle yapılacak analiz türü seçilir. Bu çalışmada kullanılacak analizler modal ve harmonik analizlerdir. Şekil 3.5' de ANSYS Workbench sayfasındaki analiz gösterilmiştir. İlk önce engineering data (malzeme

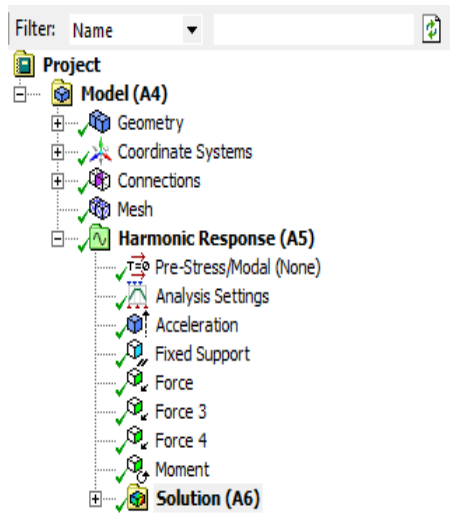
dataları) belirlenmesi gereklidir. Geometri sekmesini kullanarak uygun olan dosya biçiminde model analize çağırılmalıdır. Daha sonra model sekmesinde analizin girdileri yapılmalıdır.



Şekil 3.5. ANSYS Workbench’de seçilen analizin gösterimi.

### 3.3.1. Analiz Modelinin Oluşturulması

Analize etki edecek tüm veriler bu bölümde girilmelidir. Bu veriler; malzeme bilgisi, kontak bilgisi, etki edecek verilerin koordinat bilgileri, mesh bilgileri, analiz ayarları ve etki edecek tüm verilerdir. Bunların kontrolü ise Şekil 3.6’ daki proje ağacında sağlanmaktadır.



Şekil 3.6. Proje ağacı.



### **3.3.1.1. Geometri**

Analizi yapılacak olan modelin içerdği tüm parçalar burada ayrı ayrı görölmektedir. Burada görölen bütün parçaların malzemesi yapı çeliği olarak standart atanmaktadır. Eğer malzeme bilgisinde değişiklik var ise burada değişiklikler gerçekleştirilmelidir.

### **3.3.1.2. Koordinat Sistemi**

Koordinat sistemi olarak analiz global coordinat system olarak adlandırılan koordinat sistemine sahiptir. Fakat buna ek olarak yeni koordinat sistemleri eklenebilmekte ve bu eklenen koordinat sistemleri, analiz modelini etkileyecek girdilerin oluşturulmasında kolaylık sağlamaktadır.

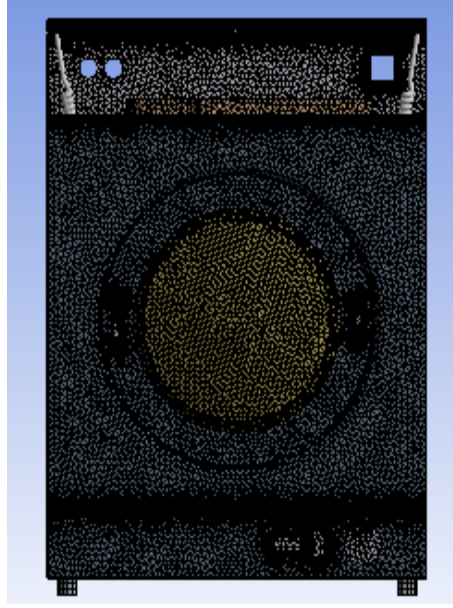
### **3.3.1.3 Kontaklar**

Analiz modelinin bağlantılarının belirlendiği bölümdür. Çeşitli bağlantı tipleri mevcut olmakla beraber kütüphanesinde yer alan mekanik elemanlarında eklenmesine olanak sağlamaktadır.

Çamaşır makinasında kullanılan yay ve amortisör elemanları kütüphaneden tanımlandı. Tanımlanan elemanların yay sertlik değeri ve amortisör sönüm katsayısı değerleri belirlendi.

### **3.3.1.4. Ağ Örgüsü (Mesh)**

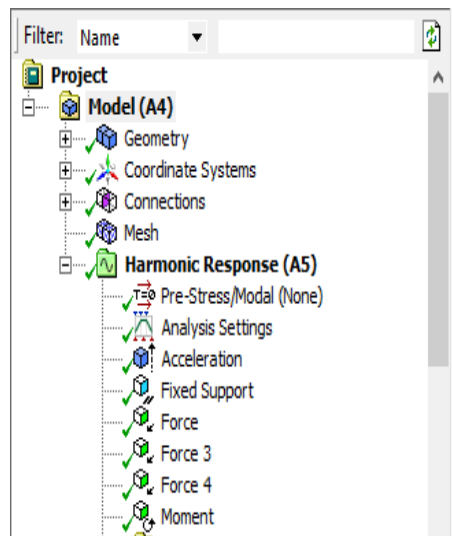
Ağ örgüsü analiz modelinin üzerinde, ağ örgüsü boyutuna bağlı olarak birbiriyle bağlantılı noktalar oluşturur ve analiz çözümünde bu noktaları kullanarak gerçekleştirir. Şekil 2.7' de çamaşır makinasına ait ağ örgüsünün önden görünüşü verilmiştir.



Şekil 3.7. Çamaşır makinası modelinin ağ örgüsünün önden görünüşü.

### 3.3.1.5. Analiz Girdileri

Model üzerinde etki eden tüm değişkenler girdi olarak alınabilir. Bunlar; sabitlenecek yüzeyler, yer çekimi ivmesi, doğrusal, açısız ve döndürme kuvvetleri bunlardan birkaçıdır. Etkiyen değişkenlerin her biri için yüzey, yön ve büyüklük, seçilen birim değerlerine göre girilmelidir. Şekil 3.8’ da çamaşır makinası için analiz girdileri gösterilmiştir.



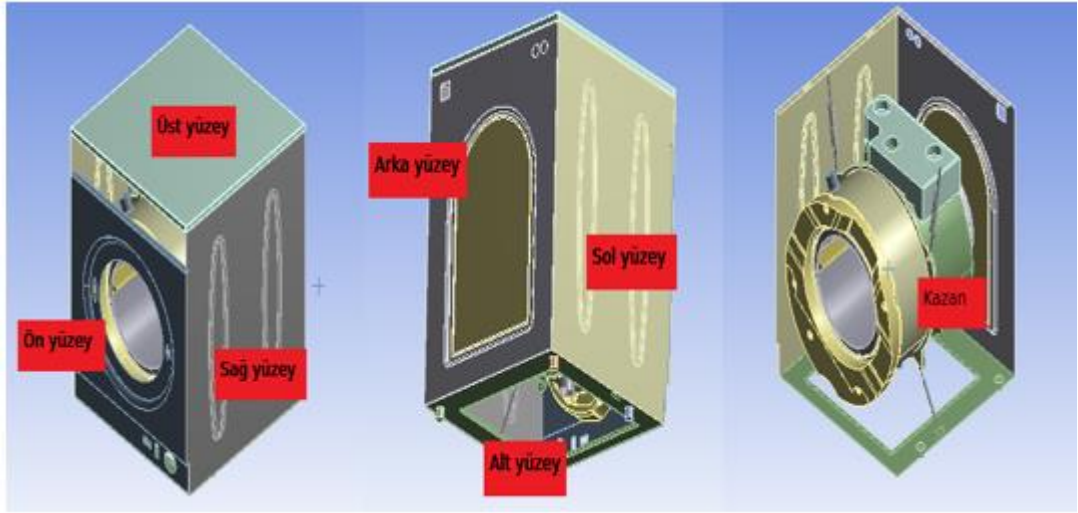
Şekil 3.8. Çamaşır makinası için girdiler.

### 3.4 ÇAMAŞIR MAKİNASININ ANALİZ DEĞERLERİ

Yapılacak olan ve sonuç kısmında karşılaştıracığımız analizlere etkileyen değişkenler ve değerleri tablolarda verildi.

Malzeme verileri tüm analizlerde sahip tutuldu. Yer çekimi ivmesi  $9,81 \text{ m/s}^2$  olarak alındı. Çamaşır makinasının ağırlığı ortalama 60 kg kabulü yapılarak, bu kütle parçalara ve montaj gruplarına dağıtılmıştır. Üst beton 10 kg, ön beton 10 kg, şase 20 kg ve kazan montaj grubu 20 kg olarak belirlenmiştir. Bu kütleler Newton olarak analizlere dahil edilmiştir.

Analizlerde incelediğimiz yüzeylerin isimleri çamaşır makinasının üzerinde gösterilmiştir. Bu gösterime ait Şekil 3.9'dadır.



Şekil 3.9 Çamaşır makinası yüzeylerinin adlandırılması.

Analizlerde değişkenlik gösterecek olan veriler yay, amortisör, moment ve dengesiz kütle verileridir. Bu verilerdeki değişikliğin analiz üzerindeki etkileri göz önünde bulundurularak karşılaştırma yapılacaktır.

İlk olarak dengesiz kütleyle sahip olmayan çamaşır makinasına ait modal analiz, harmonik analiz ve dengesiz kütle 0,3 kg olan harmonik analizlerin girdileri çizelge 3.1 ve 3.2'de verilmiştir. Bu analizlerde 1000d/dk tambur dönme hızına göre moment

değeri belirlenmiştir. Analizde ilk yapılan harmonik analiz ile tamburun boş iken oluşturduğu veriler incelendi.

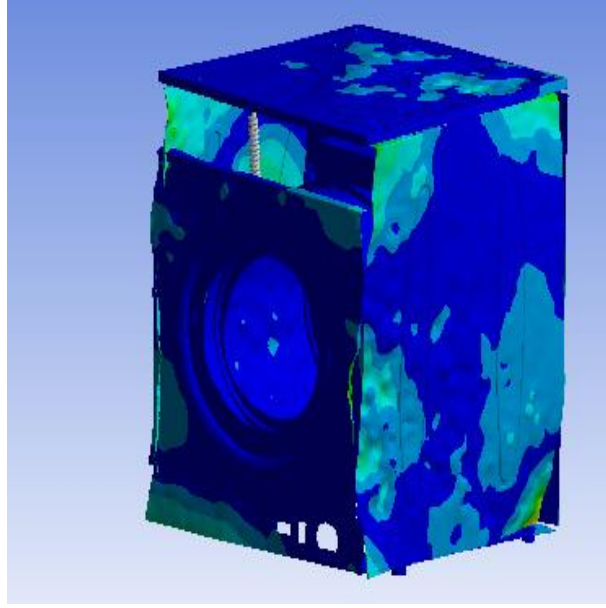
Çizelge 3.1. Modal, dengesiz kütle 0kg harmonik analiz girdileri gösterilmiştir.

DENGESİZ KÜTLE 0 kg OLAN MODAL VE HARMONİK ANALİZ GİRDİLERİ					
NO	GİRDİLER	MODAL	HARMONİK 0 kg	KOORDİNAT	EKSEN
1	Yay sertliği	8000 N/mm	8 N/mm		
2	Amortisör sertliği	100 N.s/mm	100 N.s/mm		
3	Yerçekimi ivmesi		-9810 mm/s <sup>2</sup>	Genel	-y eksen
4	Kuvvet 1		-98,1 N	Koordinant üst	-y eksen
5	Kuvvet 2		-98,1 N	Koordinant ön	-y eksen
6	Kuvvet 3		-196,2 N	Koordinant kazan	-y eksen
7	Kuvvet 4		-196,2 N	Koordinant şase	-y eksen
8	Tambur devri		1000 d/dk	Koordinant kazan	+z eksen
9	Dengesiz kütle kuvveti			Koordinant dengesi kütle	-y eksen

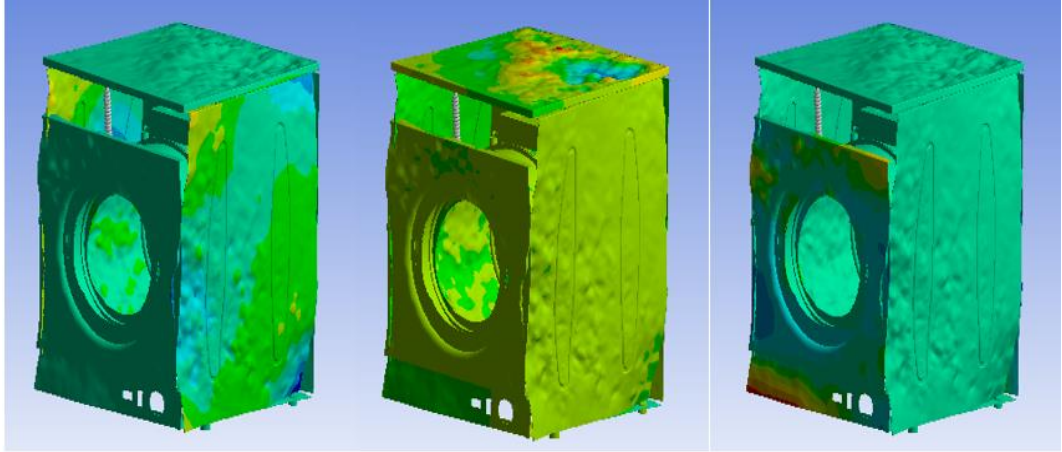
Çizelge 3.2. Dengesiz kütle 0,3 kg oan harmonik analiz girdileri gösterilmiştir.

DENGESİZ KÜTLE 0,3 kg OLAN HARMONİK ANALİZ GİRDİLERİ				
NO	GİRDİLER	HARMONİK 0,3 kg	KOORDİNAT	EKSEN
1	Yay sertliği	8 N/mm		
2	Amortisör sertliği	100 N.s/mm		
3	Yerçekimi ivmesi	-9810 mm/s <sup>2</sup>	Genel	-y eksen
4	Kuvvet 1	-98,1 N	Koordinant üst	-y eksen
5	Kuvvet 2	-98,1 N	Koordinant ön	-y eksen
6	Kuvvet 3	-196,2 N	Koordinant kazan	-y eksen
7	Kuvvet 4	-196,2 N	Koordinant şase	-y eksen
8	Tambur devri	1000 d/dk	Koordinant kazan	+z eksen
9	Dengesiz kütle kuvveti	-2,94 N	Koordinant dengesiz. kütle	-y eksen

İlk olarak modal analizleri incelenmiştir. Modal analizlerde dengesiz kütle için çamaşır makinasının modal analizlerine etkisini inceleyebilmek adına; ilk önce dengesiz kütleyle maruz kalmayan çamaşır makinası modeli için analizler gerçekleştirilmiştir. Bu yapılan analizde ilk 6 mod toplam deformasyon ve mod 1'in doğrusal deformasyonları x, y ve z eksenlerinde ayrı ayrı incelendi. Toplam deformasyon 1 Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Gösterilen toplam deformasyon mod 1'de max. genlik 35,800 mm dir. Doğrusal deformasyon mod 1' in x, y ve z eksenleri Şekil 3.11'de gösterilmiştir. Doğrusal deformasyon genliklerinin max. değerleri sırasıyla; 34,05 mm, 10,751 mm, 13,803 mm' dir.

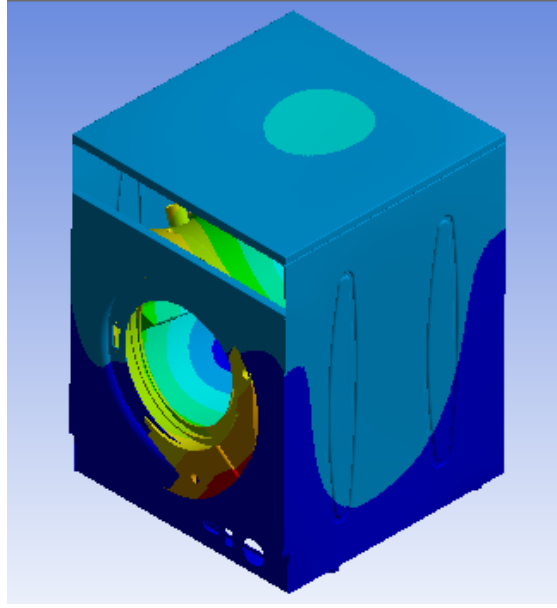


Şekil 3.10. Toplam deformasyon mod 1'in davranışı.

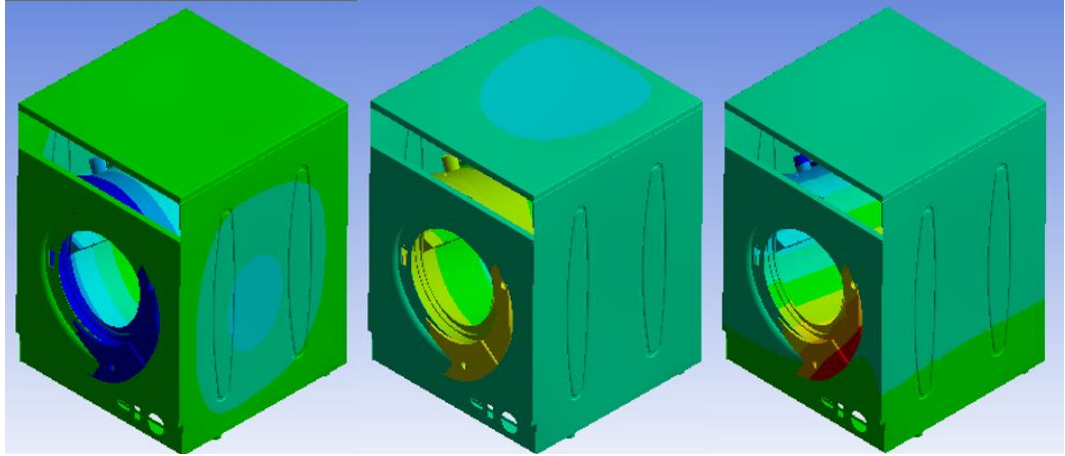


Şekil 3.11. Doğrusal deformasyon mod 1'in sırayla x, y ve z eksenlerindeki davranışı.

0,3 kg dengesiz yüke maruz kalan çamaşır makinası içinde ilk analiz girdileri sabit tutuldu. Bu analizde de ilk 6 mod toplam deformasyon ve mod 1'in doğrusal deformasyonları x, y ve z eksenlerinde ayrı ayrı incelendi. Toplam deformasyon 1 Şekil 3.12'de gösterilmiştir. Gösterilen toplam deformasyon 1'de max. genlik 9,7921 mm dir. Doğrusal deformasyon mod 1' in x, y ve z eksenleri Şekil 3.13'de gösterilmiştir. Doğrusal deformasyon genliklerinin max. değerleri 4,6581 mm, 9,0531 mm, 9,7921 mm' dir.

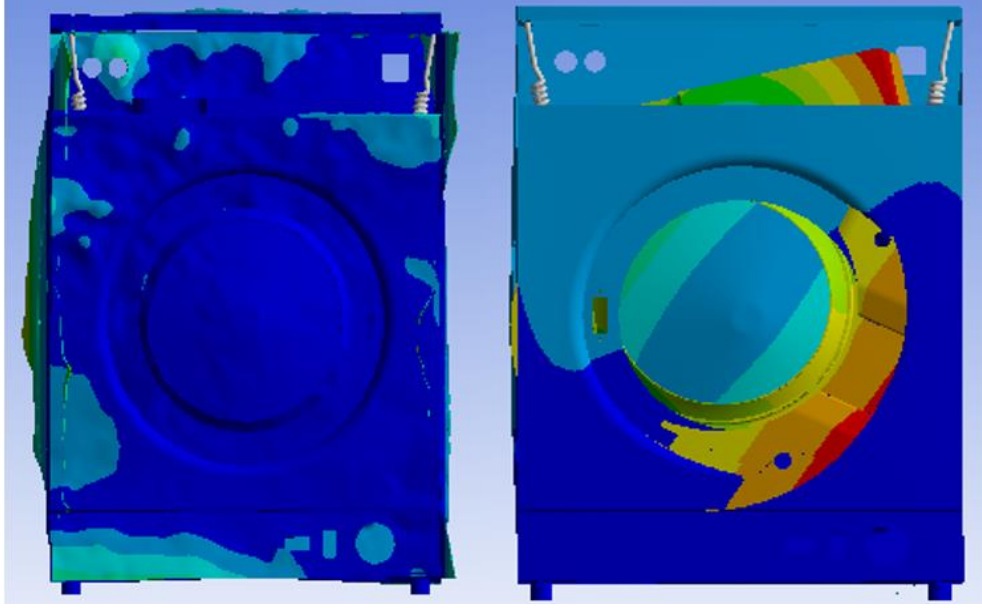


Şekil 3.12. Dengesiz kütle etkisinde, toplam deformasyon mod 1'in davranışı.



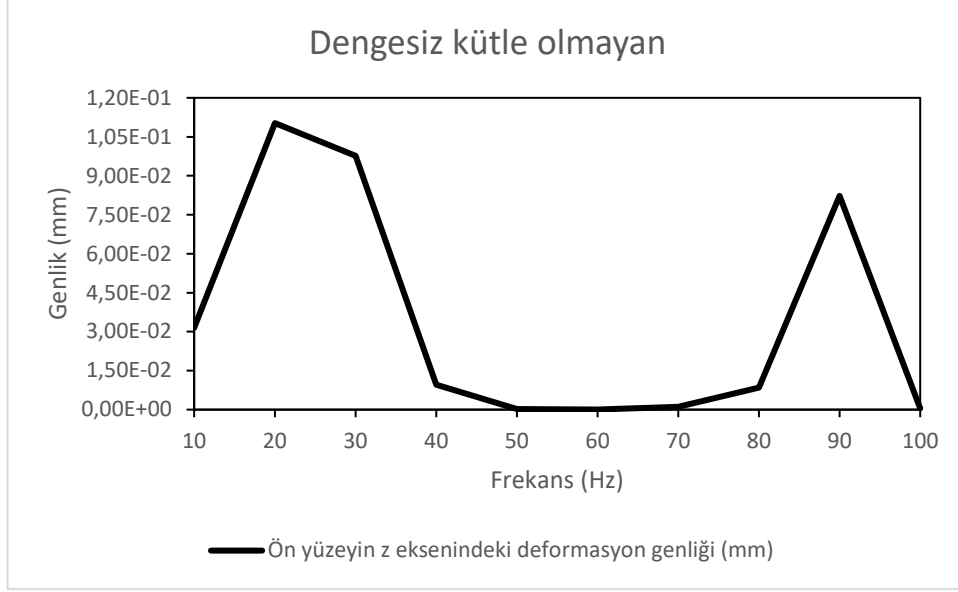
Şekil 3.13. Dengesiz kütle etkisinde, doğrusal deformasyon mod 1'in sırasıyla x, y ve z eksenlerindeki davranışı.

Dengesiz kütle etkisi altında olmayan çamaşır makinasında oluşan modlar, çamaşır makinasının şase yüzeylerinde oluşurken, dengesiz kütle etkisinde olan modelde ise daha çok kazan grubu üzerinde olmaktadır. Bu etki sırasıyla dengesiz kütle etkisi olmayan model ve olan model olarak Şekil 3.14'de gösterilmiştir.

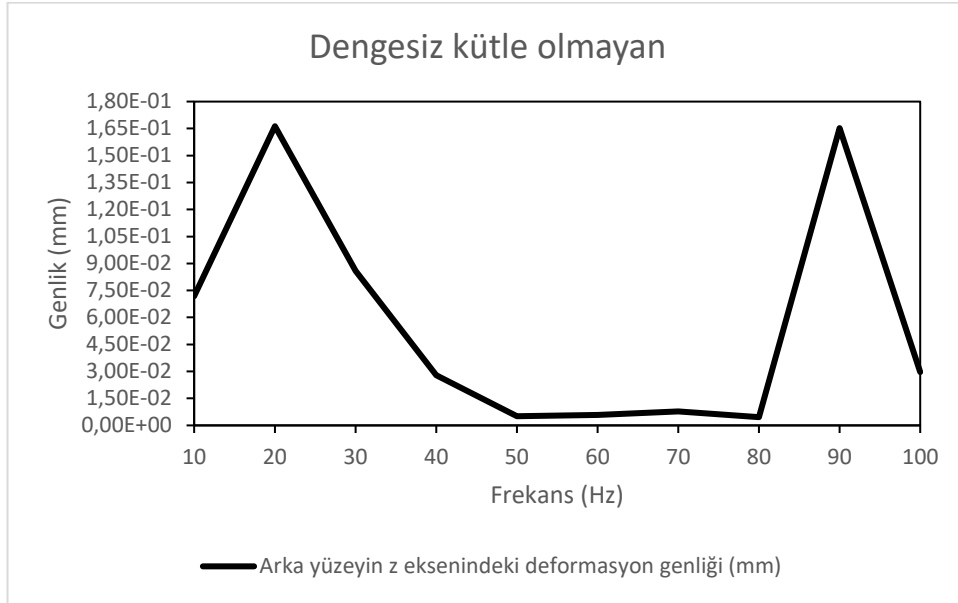


Şekil 3.14. Total deformasyon mod 1' in dengesiz kütle etkisinde olmayan model ve olan modelin ön görünüşleri.

Harmonik analizler iki aşamada incelendi. İlk aşama dengesiz kütle olmadan ve ikinci aşama dengesiz kütle etkisi altında olmak üzeredir. İlk aşamada dengesiz kütle olmadan yani çamaşır makinası sadece kendi ağırlığı, tambur ise 1000d/dk ile dönerken içerisindeki suyun ağırlığı imal ihmal edilerek yapılmıştır. Yapılan bu analizde çamaşır makinasının ön ve arka yüzeylerine ait z eksenindeki doğrusal deformasyon genlikleri Şekil 3.15 ve 3.16' da gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Dengesiz kütle 0 kg, Ön yüzeye ait doğrusal deformasyon genliğinin z eksenindeki davranışı.

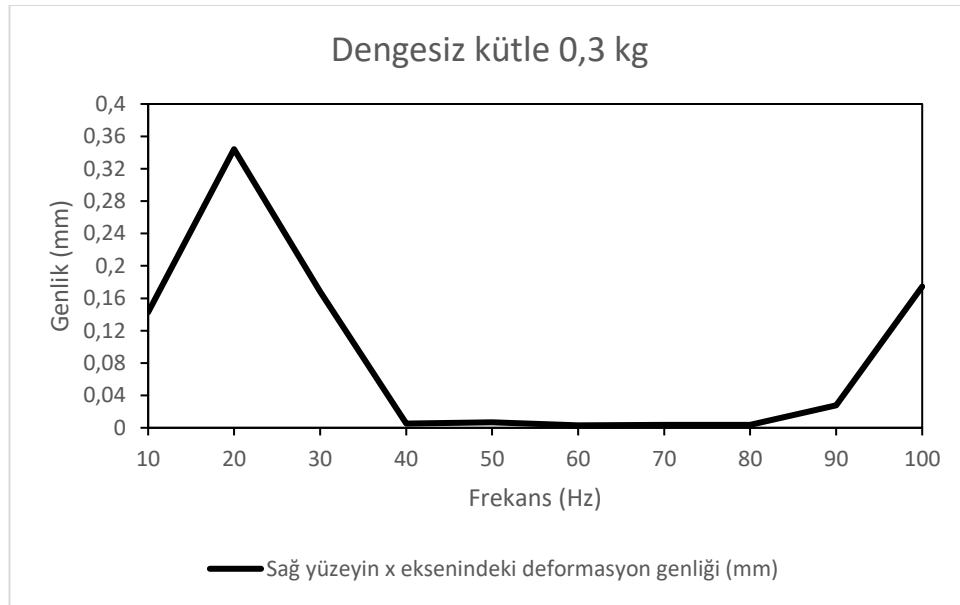


Şekil 3.16. Dengesiz kütle 0 kg, Arka yüzeye ait doğrusal deformasyon genliğinin z eksenindeki davranışı.

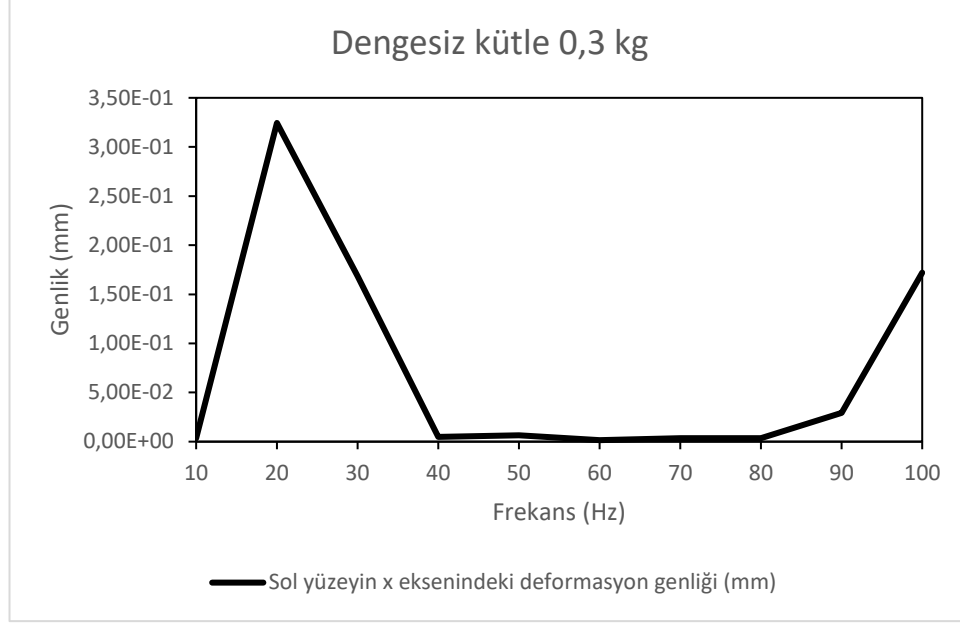
Ön yüzeye ait deformasyon genliği Şekil 3.15'deki sonuçlar incelendiğinde 3 ayrı noktada tepe noktası olduğu görülüyor. Oluşan tepe noktalarının değerleri sırasıyla; 20 Hz'de 0,11028 mm, 30 Hz'de  $9,76 \times 10^{-02}$  mm ve 90 Hz'de  $8,23 \times 10^{-02}$  mmdir. Şekil 3.16'da arka yüzeyin z ekseninde yaptığı deformasyon ise 2 ayrı noktada tepe noktasına ulaşmaktadır. Bu noktalar yine sırasıyla; 20 Hz'de 0,16629 mm ve 90 Hz'de 0,1653 mm dir.



Dengesiz kütle çamaşır makinası tambur yüzeyine yapışık şekilde ve yine tambur kanatlarının yüzeyine yapışık olacak şekilde, kazana ait olan koordinant kazan eksenine 45 derece açı yaptığı kabul edildi. Bu analizde dengesiz kütle 0,3 kg olarak bu da 2,94 N kuvvet şeklinde analizde yer aldı. Analizlerde deformasyon genlikleri ve ivmelenme genlikleri incelendi. Genlikleri incelenen yüzeyler; sağ yüzey, sol yüzey, üst yüzey, ön yüzey, arka yüzey ve kazandır. Yüzeylerdeki genlikler buldukları ötelenme eksenlerine göre incelendi. Sadece kazan iki farklı ekseninde incelendi. İncelendiğimiz çamaşır makinasına ait sağ ve sol yüzeylerin deformasyon genlikleri Şekil 3.17 ve 3.18’ de gösterilmiştir.



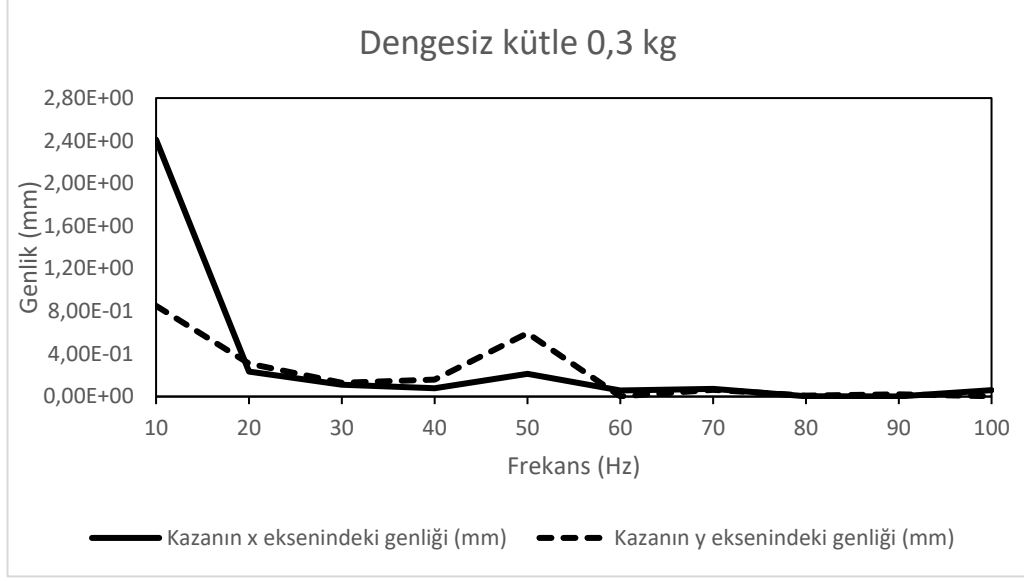
Şekil 3.17. Dengesiz kütle 0,3 kg, sağ yüzeye ait x eksenindeki deformasyon genliği.



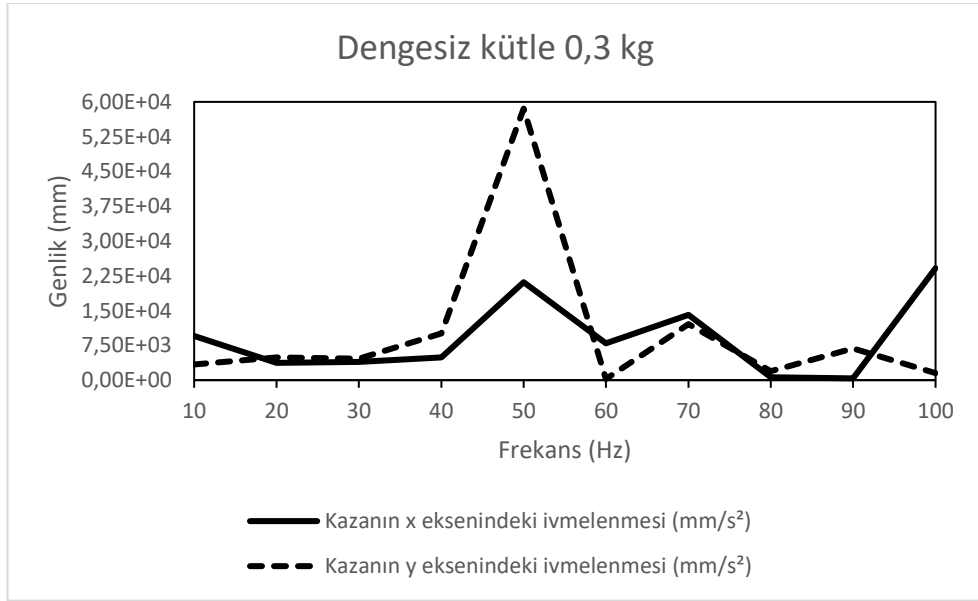
Şekil 3.18. Dengesiz kütle 0,3 kg, sol yüzeye ait x eksenindeki deformasyon genliği.

0,3 kg dengesiz kütleyle sahip çamaşır makinası modelinde; sağ yüzeyin x eksenindeki deformasyonu Şekil 3.17’de incelendi. Bu şekilde görüldüğü gibi 20 Hz 0,34418 mm genliğe ulaşıyor. 90 Hz’den sonra yükselişe geçerek 100 Hz’de 0,1746 mm’lik bir genliğe sahip olmaktadır. Şekil 3.18 incelendiğinde ise tepe noktasına ulaştığı frekanslar aynı olsada ulaştığı genlik miktarları farklıdır. 20 Hz’de 0,32445 mm ve 100 Hz 1000’de 2 gibi bir düşüş olmasının sebebi dengesiz kütlelerin sağ yüzeye yakın olmasından kaynaklıdır. Bu fark gözle görülemeyecek kadar küçük olması sebebiyle aynı kabul edilebilir. Fakat verisel analizleri incelediğimizden dolayı bu farkları göz ardı edilmedi.

Kazan grubuna ait deformasyon genliği ve ivmelenme genlikleri iki ayrı eksen üzerinde incelendi. Bu eksenler x ve y eksenleridir. Kazanın deformasyon genliğine ait x ve y eksenlerindeki davranışı Şekil 3.19’da ve kazanın ivmelenme genliğine ait x ve y eksenlerindeki davranışı Şekil 3.20’de gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Dengesiz kütle 0,3 kg, kazanın x ve y eksenlerindeki deformasyon genliği.

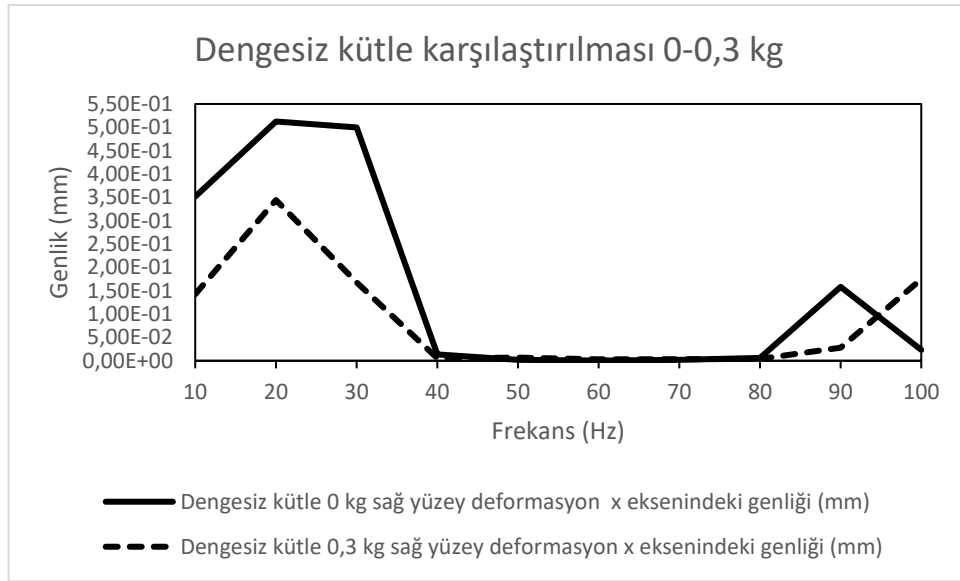


Şekil 3.20. Dengesiz kütle 0,3 kg, kazanın x ve y eksenlerindeki ivmelenme genliği.

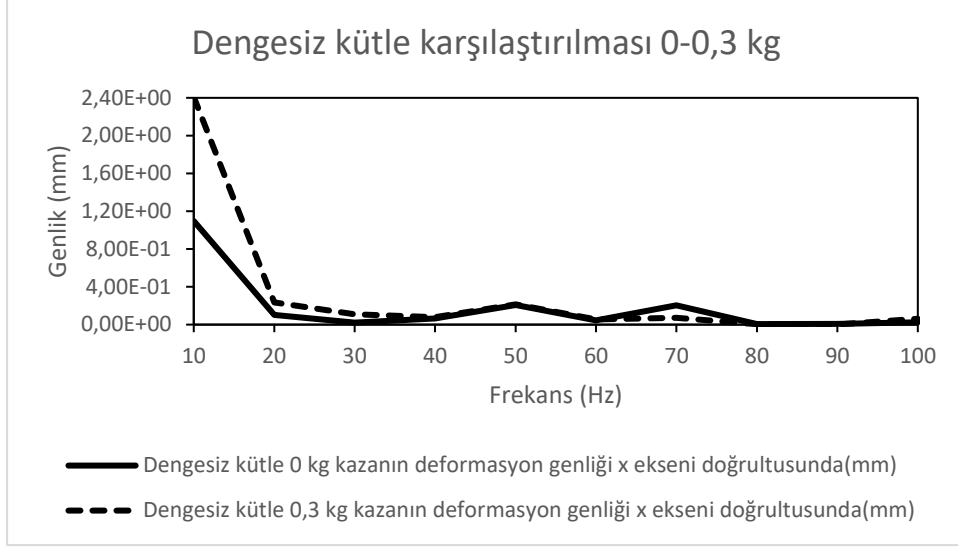
0,3 kg dengesiz kütleyle sahip çamaşır makinasın, kazan grubunun deformasyon genliği x ve y eksenlerinde Şekil 3.19'da incelendi. Şekilde 10 Hz ve 50 Hz frekansında tepe noktası oluşmaktadır. 10 Hz'de x eksenindeki değeri 2,4099 mm iken y eksenindeki değeri ise 0,85108 mm'dir. 50 Hz'deki tepe noktasının değerleri 10 Hz'e göre daha küçüktür. X ekseninde 0,21422 mm iken y ekseninde ise 0,59335 mm'dir. Şekil 3.20'de ise kazanın x ve y eksenlerindeki ivmelenmesi incelenmiş bulunmaktadır. İvmelenme sonucunda iki eksen arasında tepe noktası farklılıkları

görülmektedir. X eksen değeri daha yakın olup küçük tepe noktaları oluştururken şekilde, kazan grubu y ekseninde daha yüksek ivmelenme göstermiştir. X ekseninde 50, 70 ve 100 Hz'de ivmelenme tepe noktaları oluşmuştur. Bu ivmelenme değeri sırasıyla; 21143, 14066 ve 24146 mm/s<sup>2</sup> dir. Y ekseninde oluşan tepe noktaları 50, 70 ve 90 Hz'de oluşmaktadır. Bu frekansların değeri sırasıyla 58561, 12111 ve 6822,8 mm/s<sup>2</sup> dir.

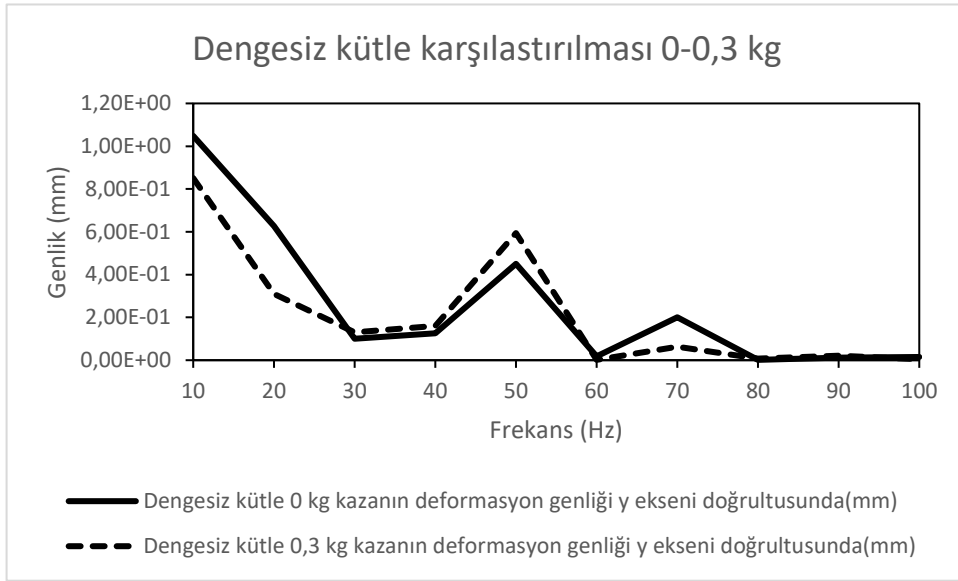
Dengesiz kütleyi 0,3 kg olarak aldığımız ve dengesiz kütleye sahip olmayan çamaşır makinasının harmonik analizlerinin bu aşamada karşılaştırmaları yapıldı. Yapılan karşılaştırmalarda aynı yüzeylere ve aynı eksen doğrultusunda etkileyen deformasyon genliği ve ivmelenmeler incelendi. İlk karşılaştırma çamaşır makinası sağ yüzeyine ait x eksenindeki deformasyon genliğidir. Bu karşılaştırma Şekil 3.21'de gösterilmiştir. Kazanın x eksenindeki deformasyon genliğinin karşılaştırılması Şekil 3.22'de ve y eksenin ait deformasyon genliğinin karşılaştırılması ise Şekil 3.23'de gösterilmiştir. Sol yüzeye ait x eksenindeki ivmelenme karşılaştırılması Şekil 3.24'de gösterilmiştir.



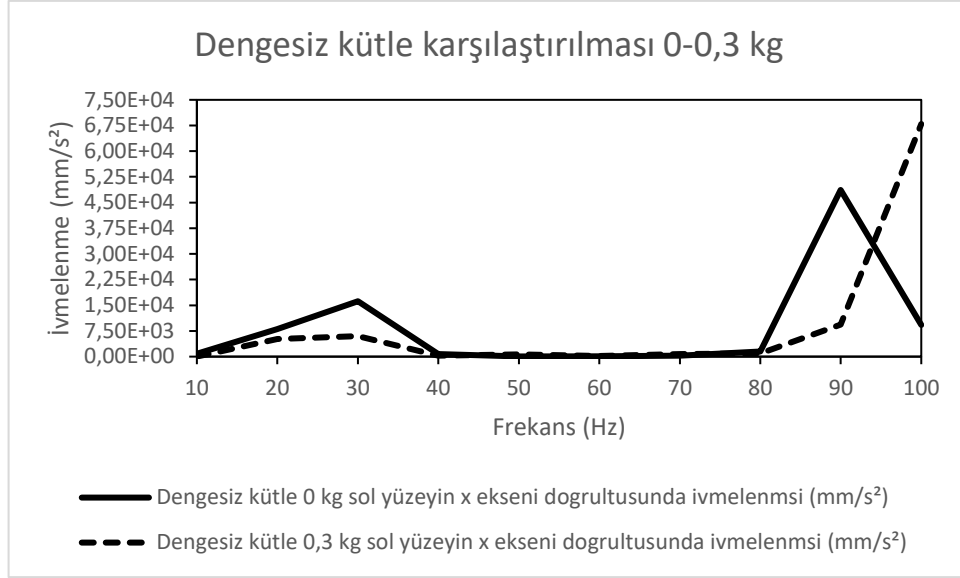
Şekil 3.21. Dengesiz kütle 0-0,3 kg karşılaştırılması, sağ yüzeyine ait deformasyon genliğinin x eksenindeki davranışı.



Şekil 3.22. Dengesiz kütle 0-0,3 kg karşılaştırılması, kazana ait deformasyon genliğinin x eksenindeki davranışı.



Şekil 3.23. Dengesiz kütle 0-0,3 kg karşılaştırılması, kazana ait deformasyon genliğinin y eksenindeki davranışı.



Şekil 3.24. Dengesiz kütle 0-0,3 kg karşılaştırılması, sol yüzeye ait ivmelenmenin x eksenindeki davranışı.

Dengesiz kütleye sahip olmayan ve 0,3 kg dengesiz kütleye sahip olan çamaşır makinasının davranışlarını incelemeye, çamaşır makinasının sağ yüzeyinden başlandı. Sağ yüzeyin x eksenindeki deformasyon genliğini Şekil 3.21’de incelendi. Dengesiz kütleye sahip olmayan modelin, x ekseninde oluşturduğu tepe noktalarında daha yüksek deformasyon genliği sonucu göstermiştir. X ekseninde 20, 30 ve 90 Hz’de 0,51246, 0,49981 ve 0,15832 mm’dir. 0,3 kg dengesiz kütleye sahip model ise 20 Hz’de daha yüksek olacak şekilde 20 ve 100 Hz’de tepe noktası oluşturmuştur. Sırasıyla 0,34418 ve 0,1746 mm’dir. Şekil 3.22’de kazanın x eksenindeki deformasyon genliğini incelendi. Dengesiz kütleye sahip olmayan model ile 0,3 kg dengesiz kütleye sahip model arasında bariz fark 10 Hz’de olduğu görülmektedir. Dengesiz kütle olmayan model 10 Hz’de 2,4099 mm iken 0,3 kg dengesiz kütleye sahip olan model 10 Hz’de 1,0967 mm’dir. Diğer frekanslarda ise sürekli birbirlerine yakın genlik oluşturmuşlardır. Şekil 3.23’de kazanın y eksenindeki ivmelenmeleri her iki model içinde değişiklik göstermektedir. Tepe noktaları aynı frekanslarda oluşmuştur. Fakat deformasyon genlik değerleri değişmektedir. Dengesiz kütle olmayan model 10 Hz’de 1,0484 mm, 50 Hz’de 0,45008 mm’dir. Fakat 0,3 kg dengesiz kütlede kalan model 10 Hz’de 0,85108 mm, 50 Hz’de 0,59335 mm’dir. Şekil 3.24’de sol yüzeye ait ivmelenme incelendi. İvmelenme tepe noktaları dengesiz kütle olmayan model için 90 Hz’de ve 0,3 kg dengesiz kütle olan model için

100 Hz'de oluşmuştur. 0 kg için 90 Hz'de 48674 mm/s<sup>2</sup> ve 0,3 kg için 67938 mm/s<sup>2</sup> dir.

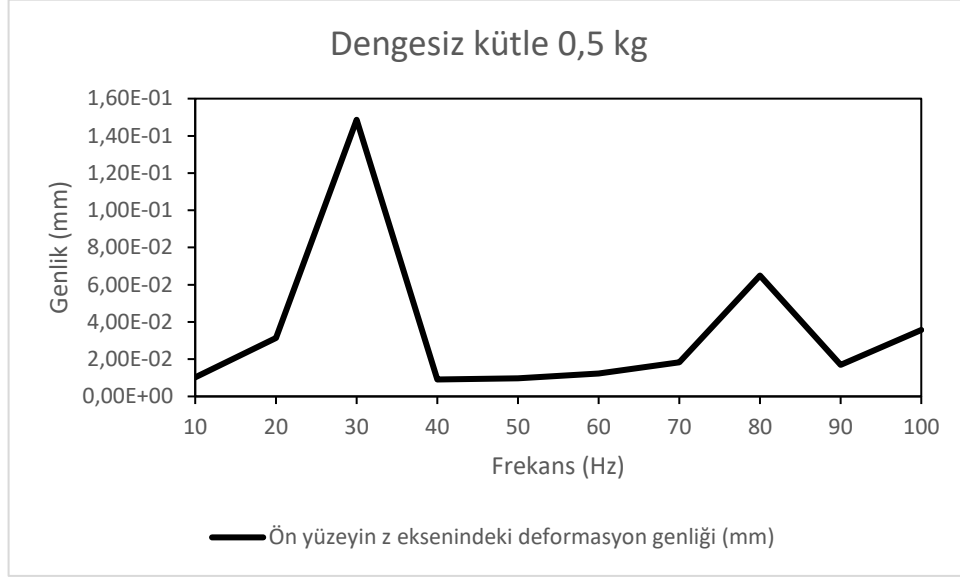
Yukarıdaki analiz kıyaslamalardan sonra dengesiz kütle artışının, çamaşır makinası üzerinde oluşturacağı etki incelendi. Bu analizde geriye kalan tüm analiz verilerinde sabit tutularak sadece bir önceki analizde 0,3 kg olan dengesiz kütle 0,5 kg'a çıkartılarak incelendi. Çizelge 3.3' de bu analiz grubuna ait veriler gösterilmektedir.

Çizelge 3.3. Dengesiz kütle 0,5 kg olan harmonik analiz girdileri gösterilmiştir.

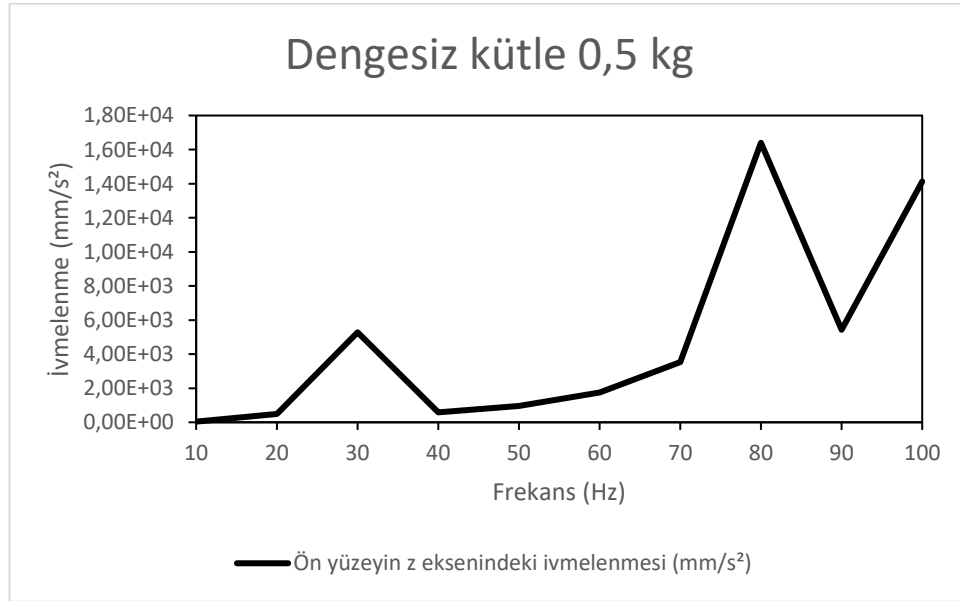
DENGESİZ KÜTLE 0,5 kg OLAN HARMONİK ANALİZ GİRDİLERİ				
No	GİRDİLER	HARMONİK 0,5 kg	KOORDİNAT	EKSEN
1	Yay sertliği	8 N/mm		
2	Amortisör sertliği	100 N.s/mm		
3	Yerçekimi ivmesi	-9810 mm/s <sup>2</sup>	Genel	-y eksen
4	Kuvvet 1	-98,1 N	Koordinant üst	-y eksen
5	Kuvvet 2	-98,1 N	Koordinant ön	-y eksen
6	Kuvvet 3	-196,2 N	Koordinant kazan	-y eksen
7	kuvvet 4	-196,2 N	Koordinant şase	-y eksen
8	Tambur devri	1000 d/dk	Koordinant kazan	+z eksen
9	Dengesiz kütle kuvveti	-4,91 N	Koordinant dengesiz kütle	-y eksen

Dengesiz kütle 0,5 kg olduğu harmonik analizlerin sonuçları incelendi ve daha sonra 0,3 kg dengesiz kütleyle sahip olan çamaşır makinasının harmonik analizleriyle karşılaştırıldı. Bu analizin incelenmesi ve karşılaştırılması sonucunda, dengesiz kütle çamaşır makinasında oluşturduğu etkiyi incelenmiş oldu.

Dengesiz kütle 0,5 kg olan çamaşır makinasına ait ön yüzeyin z eksenindeki deformasyon genliği ve ivmelenme sonuçları Şekil 3.25 ve 3.26'da gösterilmiştir. Arka yüzeyin z eksenindeki deformasyon genliği Şekil 3.27'de gösterilmiştir.

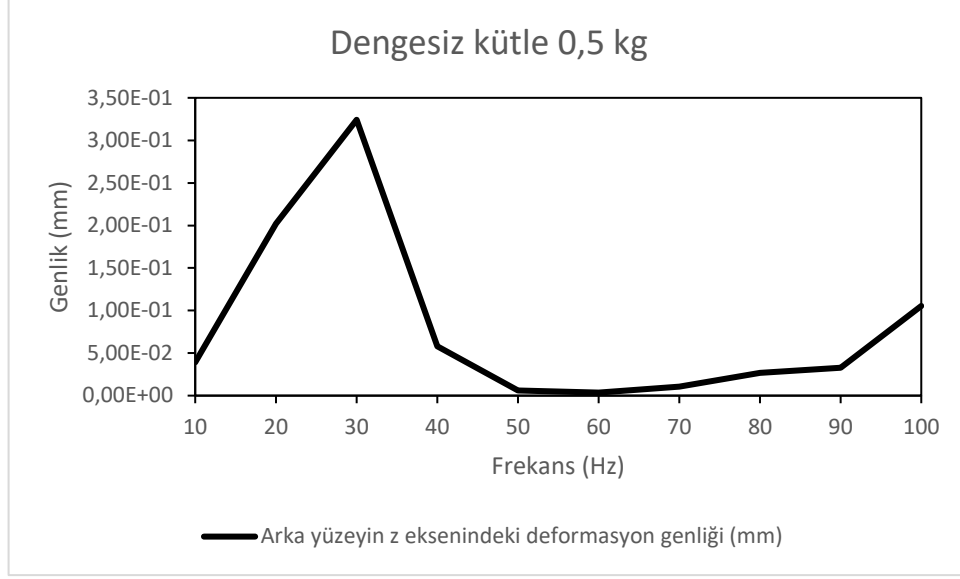


Şekil 3.25. Dengesiz kütle 0,5 kg, ön yüzeye ait z eksenindeki deformasyon genliği.



Şekil 3.26. Dengesiz kütle 0,5 kg, ön yüzeye ait z eksenindeki ivmelenme.

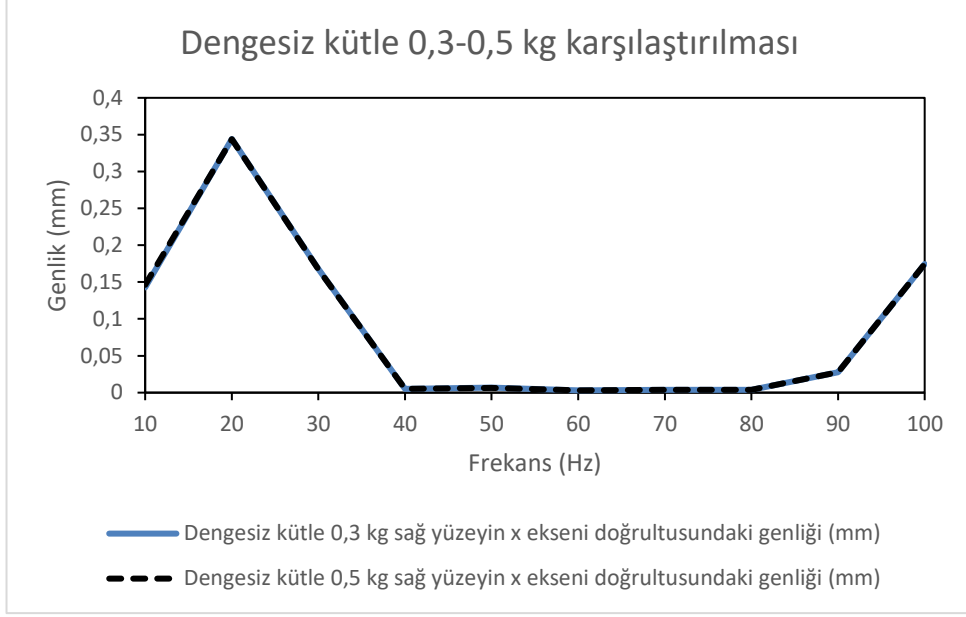




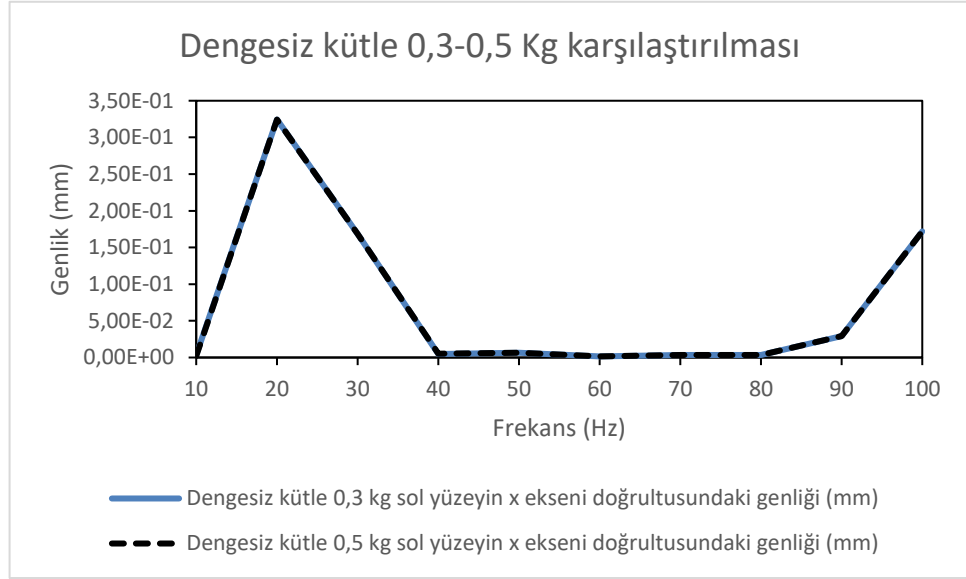
Şekil 3.27. Dengesiz kütle 0,5 kg, arka yüzeye ait z eksenindeki deformasyon genliği.

Ön yüzeye ait z eksenindeki deformasyon genliği Şekil 3.25’de incelendi. 30 Hz ve 80 Hz’de tepe noktası oluşmaktadır. Bu tepe noktasına ait değerler sırasıyla; 0,14864 mm ve  $6,49 \times 10^{-02}$  mm’dir. 80 Hz değeri tepe noktası oluşturmasına rağmen 30 Hz’e göre çok daha küçüktür. Yine ön yüzeyin z eksenindeki ivmelenmesi Şekil 3.26’de incelendi. 30, 80 ve 100 Hz’de oluşturduğu tepenoktalarındaki ivmelenme değerleri sırasıyla; 5281,2 mm/s<sup>2</sup>, 16400 mm/s<sup>2</sup> ve 14127 mm/s<sup>2</sup>’dir. Şekil 3.27’de incelediğimiz arka yüzeye ait z eksenini deformasyon genliği 30 Hz’de tepe noktası oluşturmaktadır. 30 Hz’de ki tepe noktası değeri 0,32419 mm’dir.

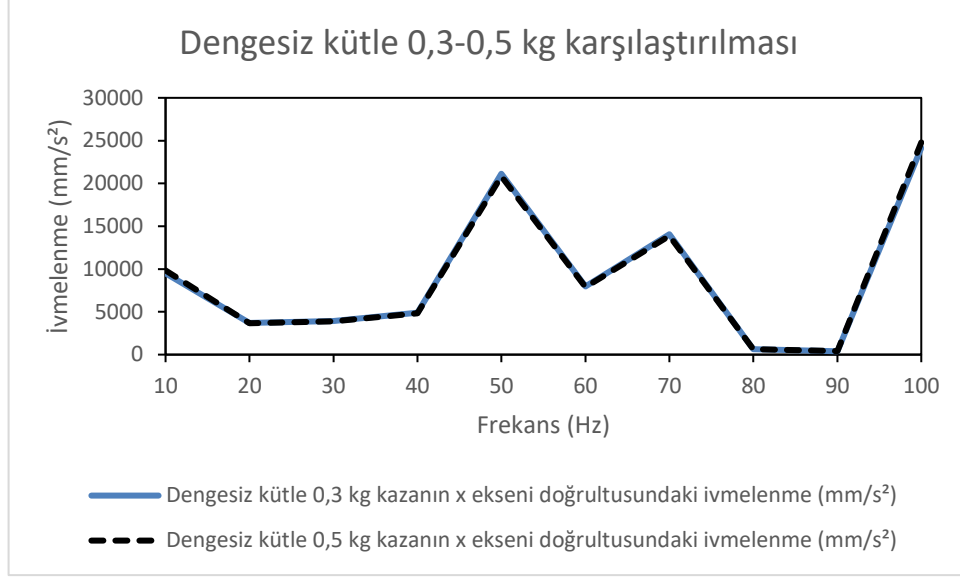
Dengesiz kütle 0,3 kg olduğu harmonik analiz ile 0,5 kg olduğu harmonik analizlerin karşılaştırıldı. Sağ yüzey ve sol yüzeylerin x eksenini doğrultusunda oluşana deformasyon genlikleri Şekil 3.28 ve 3.29’da karşılaştırılmıştır. Kazanın x eksenini doğrultusundaki ivmelenmesi Şekil 3.30’da karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.28. Dengesiz kütle 0,3-0,5 kg karşılaştırılması, sağ yüzeyin x eksenindeki de-  
formasyon genliği.



Şekil 3.29. Dengesiz kütle 0,3-0,5 kg karşılaştırılması, sol yüzeyin x eksenindeki de-  
formasyon genliği.



Şekil 3.30. Dengesiz kütle 0,3-0,5 kg karşılaştırılması, kazanın x eksenindeki ivmelenmesi.

Dengesiz kütle 0,3 kg'dan 0,5 kg'a çıkardıktan sonra yaptığımız karşılaştırmalarda görüldüğü gibi her bir frekansda değerler hep birbirine yakın çıkmıştır. Bunun anlamı sabit tuttuğumuz veriler optimum seviyeye yakındır. Şekillerin tepe noktalarına ait değerler incelenecektir.

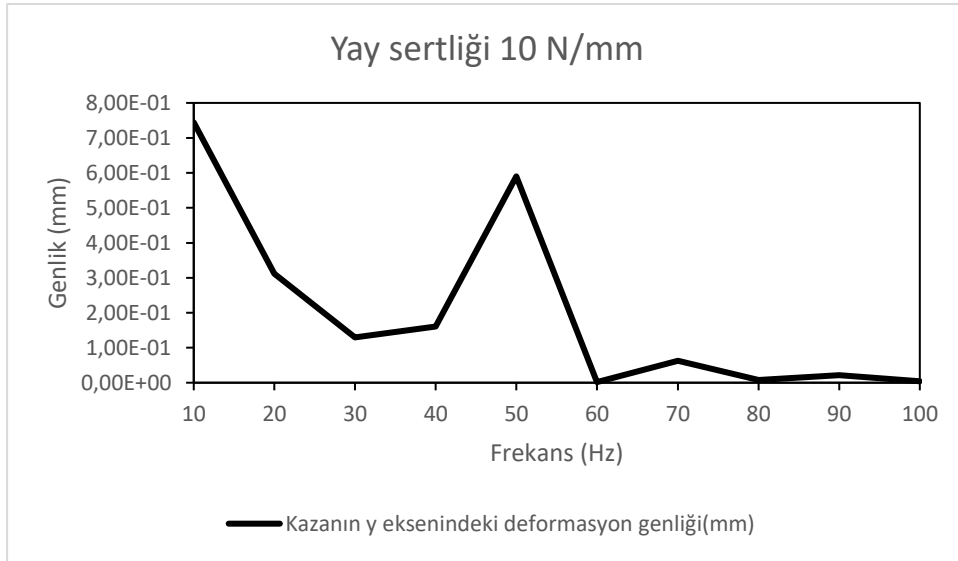
Şekil 3.28'de belirtilen analizde 20 Hz'de 0,3 kg dengesiz kütle için sonuç 0,34418 mm ve 0,5 kg olan dengesiz kütle için sonuç 0,34387 mm çıkmıştır. 1000'de 1'lik bir değişim söz konusudur. Şekil 3.29'da ise yine tepe noktası 20 Hz dir ve değerleri 0,3 kg için 0,32445 mm ve 0,5 kg için 0,32428 mm'dir. Değişim burada 10000'de 1'e kadar düşmektedir. Şekil 3.30'da kazanın x eksenindeki ivmelenmesi daha fazla tepe noktası oluştursada, 0,3 ve 0,5 kg arasında fark çok küçük olmaya devam etmektedir. 50 Hz'de ki değerler incelendiğinde 0,3 kg için 21143 mm/s<sup>2</sup> ve 0,5 kg için 20844 mm/s<sup>2</sup>'dir.

İncelenen analizler dengesiz kütle bazında değişikliklerle karşılaştırma yapıldı. Bundan sonraki karşılaştırma analizleri yay sertliğini incelemek amacıyla yapılmıştır. Şu ana kadar yay sertliği 8 N/mm olarak alınırken bu analizde 10 N/mm olarak alındı. Bu analize ait harmonik analiz girdileri Çizelge 3.4'de verilmiştir.

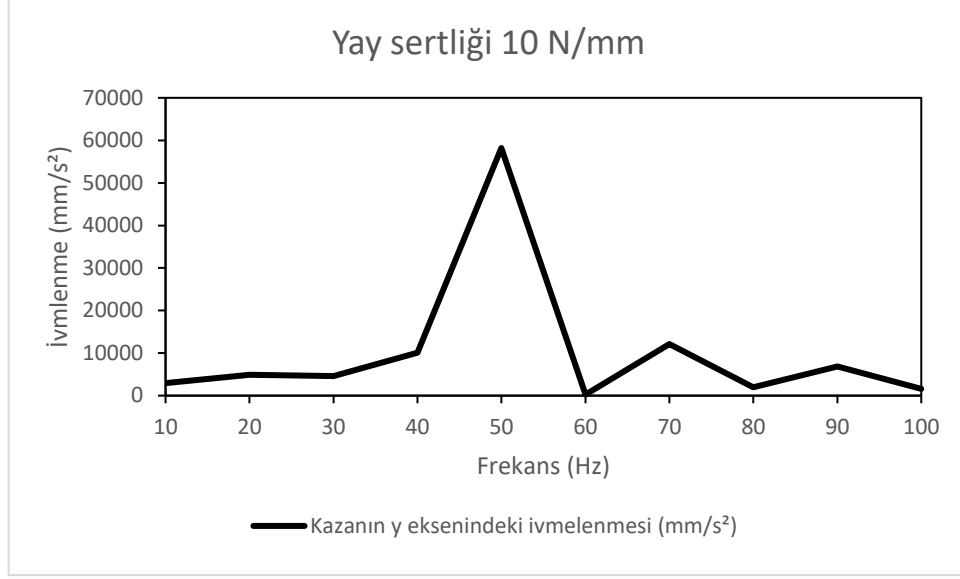
Çizelge 3.4. Yay sertliği 10 N/mm harmonik analiz girdileri gösterilmiştir.

YAY SERTLİĞİ 10 N/mm HARMONİK ANALİZ GİRDİLERİ				
No	GİRDİLER	HARMONİK 0,3 kg	KOORDİNAT	EKSEN
1	Yay sertliği	10 N/mm		
2	Amortisör sönüm katsayısı	100 N.s/mm		
3	Yerçekimi ivmesi	-9810 mm/s <sup>2</sup>	Genel	-y eksen
4	Kuvvet 1	-98,1 N	Koordinant üst	-y eksen
5	Kuvvet 2	-98,1 N	Koordinant ön	-y eksen
6	Kuvvet 3	-196,2 N	Koordinant kazan	-y eksen
7	kuvvet 4	-196,2 N	Koordinant şase	-y eksen
8	Tambur devri	1000 d/dk	Koordinant kazan	+z eksen
9	Dengesiz kütle kuvveti	-2,94 N	Koordinant dengesiz kütle	-y eksen

Yay sertliğini arttırdığımız analiz sonuçlarında kazan üzerindeki y eksenini doğrultusundaki deformasyon genliği ve ivmelenme Şekil 3.31 ve 3.32’de incelenmiştir.



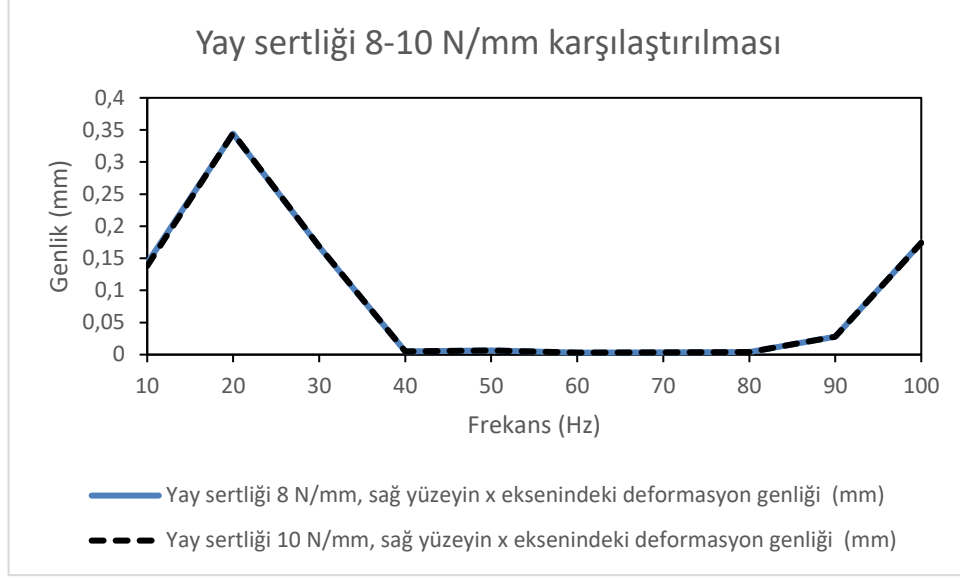
Şekil 3.31. Yay sertliği 10 N/mm, kazanın y eksenindeki deformasyon genliği.



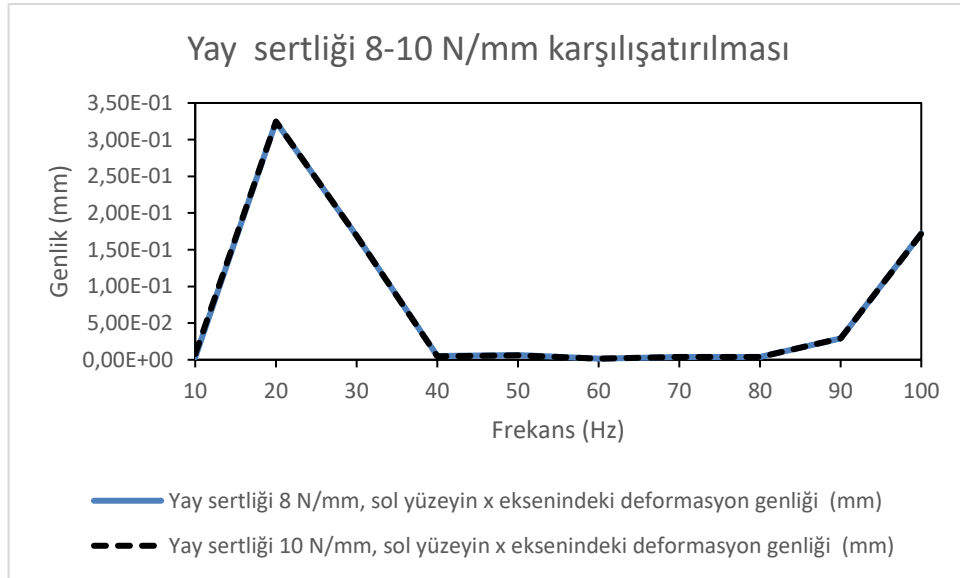
Şekil 3.32. Yay sertliği 10 N/mm, kazanın y eksenindeki ivmelenmesi gösterilmiştir.

Şekil 3.31’de kazanın y eksenindeki deformasyon genliği incelenmiştir. Tepe noktaları 10 Hz ve 50 Hz’de oluşmuştur. Değerleri sırasıyla; 0,74433 mm ve 0,58968 mm’dir. Şekil 3.32’de ise kazanın y eksenindeki ivmelenmesi incelenmiştir. En yüksek tepe noktasına 50 Hz’de 58199 mm/s<sup>2</sup> ile ulaşmıştır.

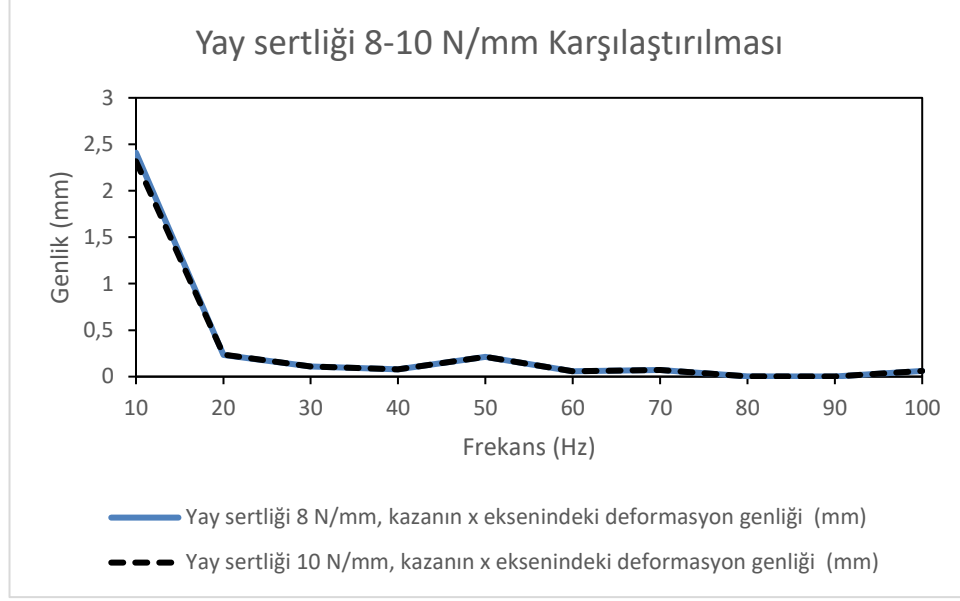
Yay sertliğinin 10 N/mm’ye çıkartıldıktan sonra aynı şartlar altında 0,3 kg denge kütleye ve yay sertliği 8 N/mm olan çamaşır makinasıyla karşılaştırıldı. Bu analiz için yapılan karşılaştırmalar; sağ ve sol yüzeylerin x eksenindeki deformasyon genlikleri karşılaştırması Şekil 3.33 ve 3.34’de gösterilmiştir. Kazanın x eksenindeki deformasyon karşılaştırılması Şekil 3.35’ de gösterilmiştir.



şekil 3.33. Yay sertliği 8-10 N/mm karşılaştırılması, sağ yzeylerinin x eksenindeki deformasyon genliği.



şekil 3.34. Yay sertliği 8-10 N/mm karşılaştırılması, sol yzeylerinin x eksenindeki deformasyon genliği.



Şekil 3.35. Yay sertliği 8-10 N/mm karşılaştırılması, kazanın x eksenindeki deformasyon genliği.

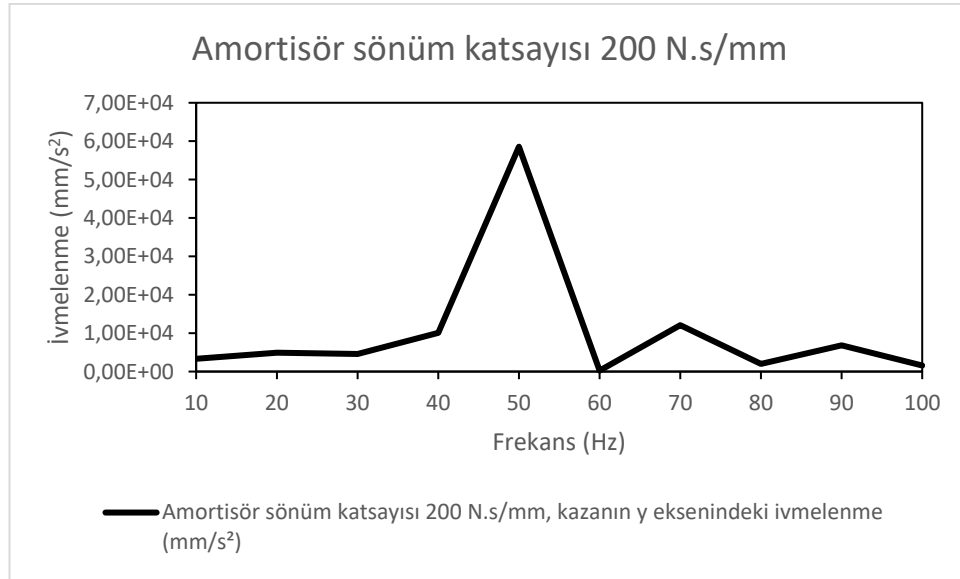
Yay sertliği 8 N/mm ve 10 N/mm olan analizlerin karşılaştırılmasına ait sonuçlar incelendi. Sonuçlar dengesiz kütle karşılaştırmalarında olduğu gibi birbirlerine yakın çıkmıştır. Şekil 3.33'de sağ yüzeyin x eksenindeki deformasyon genliği incelendi. 20 Hz'de 8 N/mm için 0,34418 mm ve 10 N/mm için ise 0,34469 mm'dir. Şekil 3.34'de ise sol yüzey incelendi. Sol yüzeyinde deformasyon genliği sağ yüzeyinkiyle benzerlik göstermektedir. Yine 20 Hz'de oluşan tepe noktaları vardır. Bunlar 8 N/mm için 0,32445 mm ve 10 N/mm için 0,32473 mm'dir. Şekil 3.35'de ise kazanın x eksenindeki deformasyon genliği incelendi. Kazanın x ekseninde oluşturduğu tepe noktası 10 Hz'de dir. 8 N/mm için 2,4099 mm ve 10 N/mm için 2,3174 mm dir.

Amortisör sönüm katsayısını 100 N.s/mm alırken bu analizde sönüm kaysatısı 2 katına çıkarıldı. Çizelge 3.5'de gösterilmiştir. Diğer analiz verileri dengesiz kütle 0,3 kg olan analizle aynı bırakıldı. Analiz sonuçları incelendi ve karşılaştırmaları yapıldı.

Çizelge 3.5. Amortisör sönüm katsayısı 200 N.s/mm harmonik analiz girdileri.

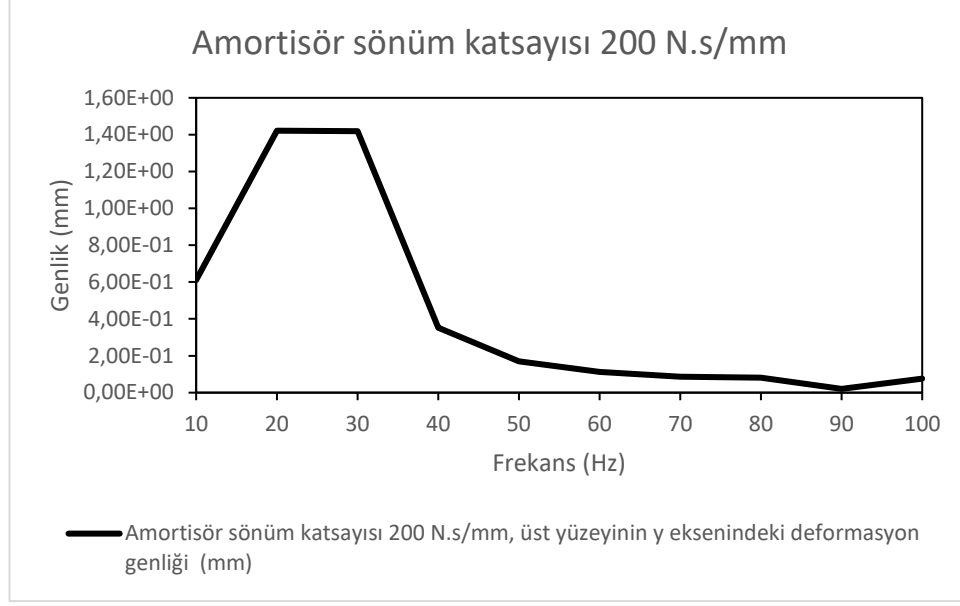
Amortisör Sönüm 200 N.s/mm HARMONİK ANALİZ GİRDİLERİ				
No	GİRDİLER	HARMONİK 0,3 kg	KOORDİNAT	EKSEN
1	Yay sertliği	8 N/mm		
2	Amortisör sönüm katsayısı	200 N.s/mm		
3	Yerçekimi ivmesi	-9810 mm/s <sup>2</sup>	Genel	-y eksen
4	Kuvvet 1	-98,1 N	Koordinant üst	-y eksen
5	Kuvvet 2	-98,1 N	Koordinant ön	-y eksen
6	Kuvvet 3	-196,2 N	Koordinant kazan	-y eksen
7	kuvvet 4	-196,2 N	Koordinant şase	-y eksen
8	Tambur devri	1000 d/dk	Koordinant kazan	+z eksen
9	Dengesiz kütle kuvveti	-2,94 N	Koordinant dengesiz kütle	-y eksen

Amortisör sönüm katsayısı 200 N.s/mm olan analiz sonuçlarını kazanın y eksenindeki ivmelenmesi Şekil 3.36'da, üst yüzeye ait y eksenindeki deformasyon genliği Şekil 3.37'de gösterilmiştir.



Şekil 3.36. Amortisör sönüm katsayısı 200 N.s/mm, kazanın y eksenindeki ivmelenmesi.

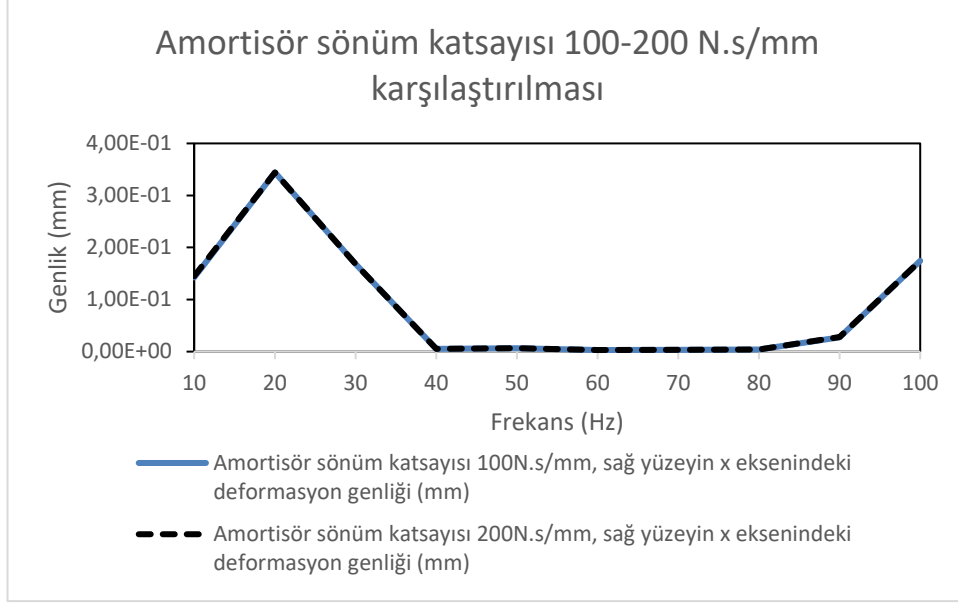




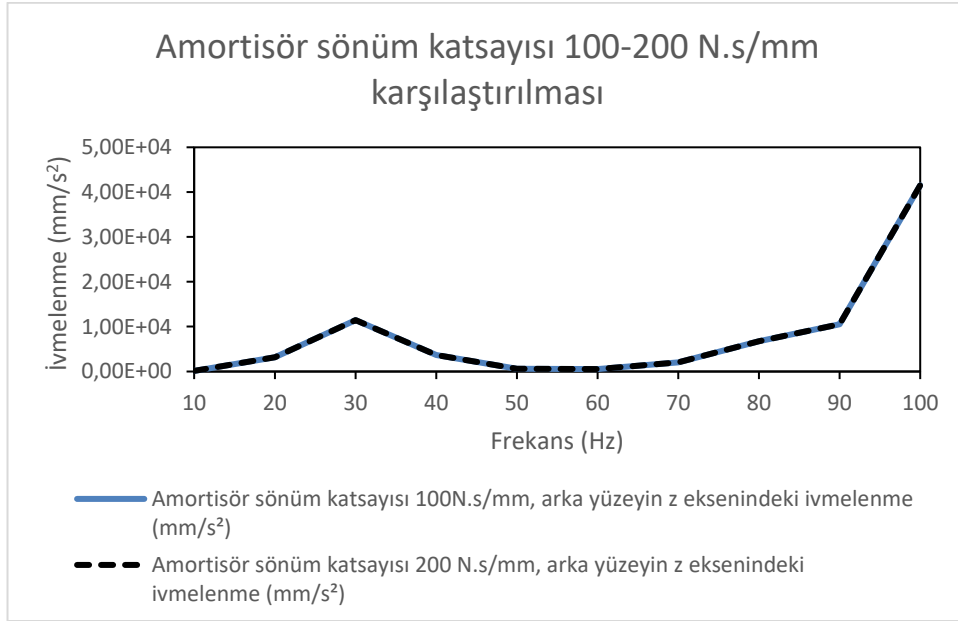
Şekil 3.37. Amortisör sönüm kat sayısı 200 N.s/mm, üst yüzeyin y eksenindeki deformasyon genliği.

Şekil 3.36’da kazanın y eksenindeki ivmelenmesi incelendi. 50 Hz’de oluşan tepe noktasının değeri  $58561 \text{ mm/s}^2$ ’dir. Şekil 3.37’de üst yüzeye ait deformasyon genliği 20 Hz ve 30 Hz’de iki tepe noktası oluşturmuştur. İki tepe noktası arasındaki fark küçüktür. Bu frekanslardaki değerler sırasıyla 1,4216 mm ve 1,4185 mm’dir.

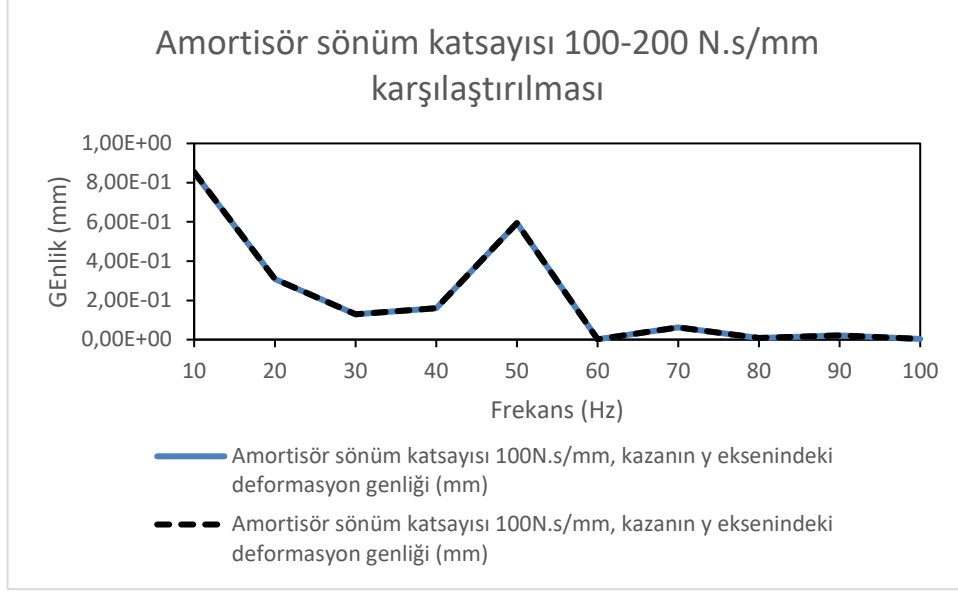
Amortisör sönüm kat sayısı 100 N.s/mm olan ve 200 N.s/mm olan analizlerin karşılaştırılması yapıldı. Sağ yüzeyin x eksenindeki deformasyon genliği Şekil 3.38’de, arka yüzeyin z eksenindeki ivmelenmesi Şekil 3.39’da, kazanın y ekseninde yaptığı deformasyon genliği Şekil 3.40’da gösterilmiştir.



Şekil 3.38. Amortisör sönüm kat sayısı 100-200 N.s/mm karşılaştırılması, sağ yüzeylerin x eksenindeki deformasyon genliği.



Şekil 3.39. Amortisör sönüm kat sayısı 100-200 N.s/mm karşılaştırılması, arka yüzeylerin z eksenindeki ivmelenmesi.



Şekil 3.40. Amortisör sönüm kat sayısı 100-200 N.s/mm karşılaştırılması, kazanın y eksenindeki deformasyon genliği.

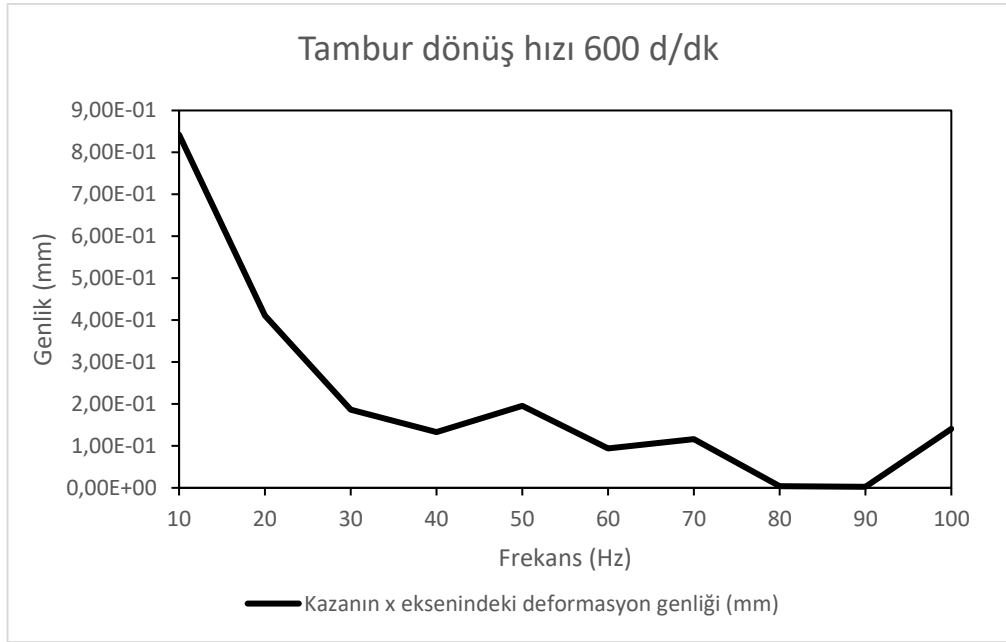
Amortisör sönüm katsayısını 100-200 N.s/mm olan analizlerin karşılaştırılmaları incelendi. Fakat değişiklik, diğer karşılaştırma analizlerinde olduğundan daha küçük miktarlarda olmuştur. Şekil 3.38’de sağ yüzeye ait deformasyon genliği 20 Hz’de 100 N.s/mm için 0,34418 mm ve 200 N.s/mm için 0,34419 m’dir. Şekil 3.39’da arka yüzeye z eksenindeki ivmelenme analizleri incelendi ve oluşan tepe noktalarındaki değerler; 100 Hz’de 100 N.s/mm için 41530 mm/s<sup>2</sup> ve 200 N.s/mm için 41530 mm/s<sup>2</sup>dir. Bu sonuç şunu gayet net bir şekilde ifade ediyor ki, çok küçük farklılıklar olsa da genel itibariyle aynı frekanslarda aynı deformasyon genlikleri ve ivmelenme sonuçlarına ulaşıyor. Şekil 3.40’da ise kazanın y eksenindeki deformasyon genliği incelendi ve tepe notkasındaki değerler verildi. 10 Hz’de 100 N.s/mm için 0,85108 mm ve 200 N.s/mm için 0,85363 mm’dir.

Diğer bir karşılaştırma analizi ise tambur dönüş deviri ile ilgilidir. Şimdiye kadar gerçekleştirdiğimiz analizlerde tambur dönüş hızı 1000 d/dk olarak kabul edilmişti. Bu analizde bu dönüş hızını 600 d/dk ya düşürerek ve diğer analiz girdileri sabit tutularak analiz gerçekleştirildi. Analize ait veriler Çizelge 3.6’da gösterilmiştir.

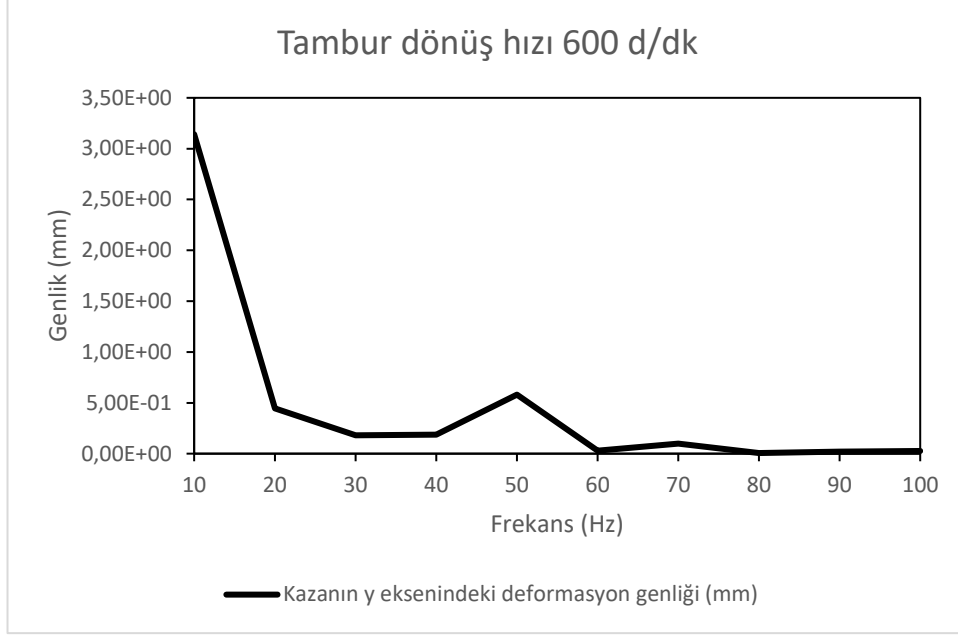
Çizelge 3.6. Tambur dönüş devri 600 d/dk harmonik analiz girdileri.

TAMBUR DÖNÜŞ HIZI 600 d/dk HARMONİK ANALİZ GİRDİLERİ				
No	GİRDİLER	HARMONİK 0,3 kg	KOORDİNAT	EKSEN
1	Yay sertliği	8 N/mm		
2	Amortisör sertliği	100 N.s/mm		
3	Yerçekimi ivmesi	-9810 mm/s <sup>2</sup>	Genel	-y eksen
4	Kuvvet 1	-98,1 N	Koordinant üst	-y eksen
5	Kuvvet 2	-98,1 N	Koordinant ön	-y eksen
6	Kuvvet 3	-196,2 N	Koordinant kazan	-y eksen
7	kuvvet 4	-196,2 N	Koordinant şase	-y eksen
8	Tambur devri	600 d/dk	Koordinant kazan	+z eksen
9	Dengesiz kütle kuvveti	-2,94 N	Koordinant dengesiz kütle	-y eksen

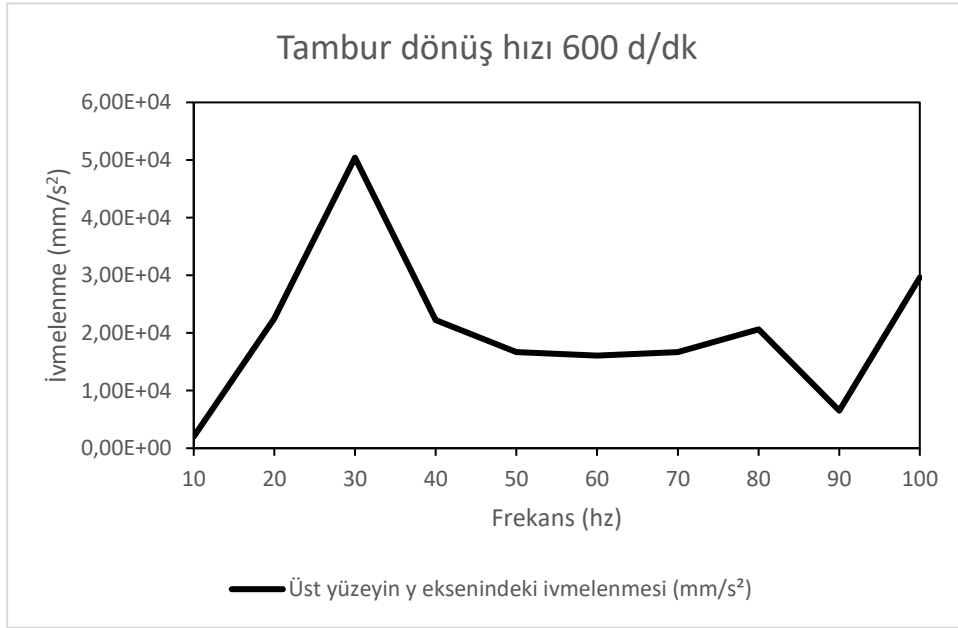
Tambur dönüş devrindeki değişiklikleri kazanın x ve y eksenlerindeki deformasyon genliklerini Şekil 3.41 ve 3.42’de gösterilmiştir. Üst yüzeyin y eksenindeki ivemelenme sonuçları ise Şekil 3.43’de gösterilmiştir.



Şekil 3.41. Tambur dönüş hızı 600 d/dk, kazanın x eksenindeki deformasyon genliği.



Şekil 3.42. Tambur dönüş hızı 600 d/dk, kazanın y eksenindeki deformasyon genliği.

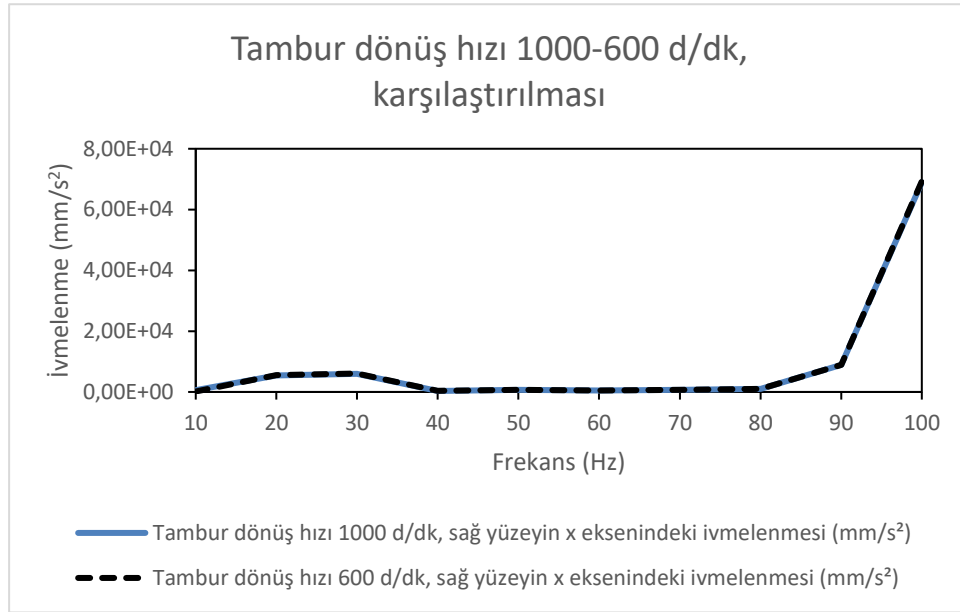


Şekil 3.43. Tambur dönüş hızı 600 d/dk, üst yüzeyin y eksenindeki ivmelenmesi.

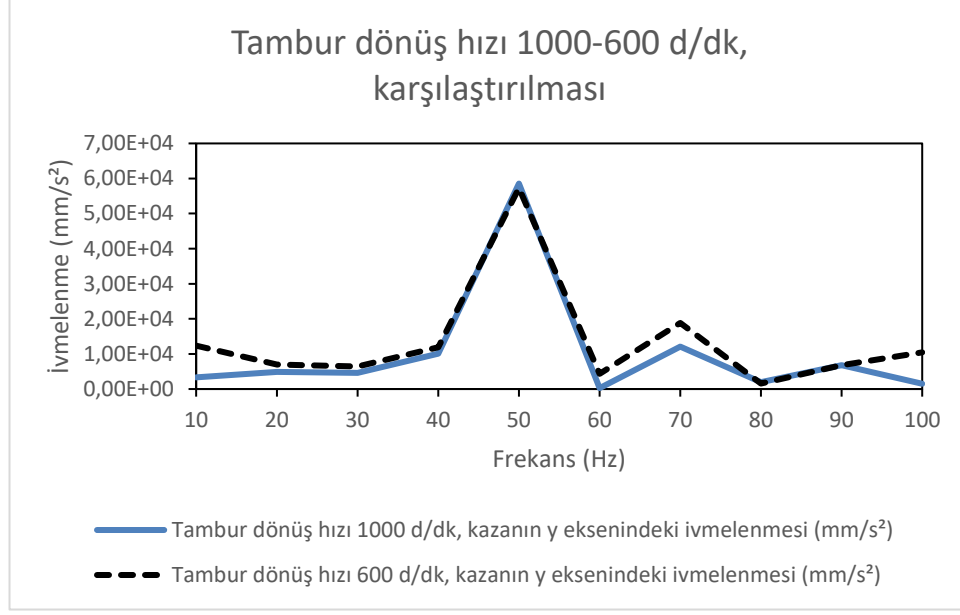
Kazanın x eksenindeki deformasyon genliğine ait Şekil 3.41’de incelendi. Şekil üzerinde birçok tepe noktası olmasına rağmen 10 Hz’de maksimum genliği ulaşmıştır. 10 Hz’deki tepe noktası değeri 0,84222 mm’dir. Kazanın y eksenindeki deformasyon genliği Şekil 3.42’de iki tane tepe noktası oluşmaktadır. Bunlar 10 ve 50 Hz’de olmasına rağmen yine 10 Hz’de deformasyon genliği maksimuma ulaşmıştır. 10 Hz’de

ki genlik değeri 3,1419 mm'dir. Şekil 3.43'da ise üst yüzeyin y eksenindeki ivmelenmesi incelendi. Şekil üzerinde oluşan tepe noktaları 30 ve 100 Hz'dedir. Bu frekanslardaki ivmelenme değerleri sırasıyla; 50414 mm/s<sup>2</sup> ve 29606 mm/s<sup>2</sup>'dir.

Tambur dönüş hızı 600 d/dk olan analiz ile 1000 d/dk olan analiz sonuçları karşılaştırıldı. Şekil 3.44'de sağ yüzeyin x eksenindeki ivmelenmesi ve Şekil 3.45'de ise kazanın y eksenindeki ivmelenme sonuçları incelendi.



Şekil 3.44. Tambur dönüş hızı 1000-600 d/dk karşılaştırılması, sağ yüzeylerin x eksenindeki ivmelenmesi.



Şekil 3.45. Tambur dönüş hızı 1000-600 d/dk karşılaştırılması, kazanın y eksenindeki ivmelenmesi.

Şekil 3.44’de incelediğimiz sağ yüzeyin x eksenindeki ivmelenmesine ait karşılaştırmada görüldüğü üzere ivmelenme sonuçları her iki analiz içinde çok yakındır. Bu analizlere ait 100 Hz’deki karşılaştırma sonuçları 1000 d/dk için 68928 mm/s<sup>2</sup> ve 600 d/dk için 69283 mm/s<sup>2</sup>’dir. Fakat kazanın y eksenindeki ivmelenmesi Şekil 3.45’de incelendiğinde. Şekillerde dalgalanma görülmektedir. Genel olarak analiz sonuçları birbirlerine yakın olsa da 600 d/dk tambur dönüş hızında ivmelenme daha fazla olmaktadır. Tambur dönüş hızı 600 d/dk olduğunda 1000 d/dk olana göre iki tepe noktası fazladan oluşmaktadır. Bu fazladan oluşan tepe noktaları 10 ve 100 Hz’dedir. Fakat bu frekanslarda oluşan tepe noktaları, 50 Hz de oluşan ortak tepe noktasındaki ivmelenmeye göre çok düşüktür. Tambur dönüş hızı 600 d/dk için 10, 50 ve 100 Hz değerleri sırasıyla; 12404 mm/s<sup>2</sup>, 57291 mm/s<sup>2</sup> ve 10450 mm/s<sup>2</sup>’dir. Tambur dönüş hızı 1000 d/dk için 50 Hz değeri 58561 mm/s<sup>2</sup>’dir.

Karşılaştırma analizlerinin sonucusu olarak tamamen farklı analiz modeli oluşturuldu. Bu analiz modelinin amacı; önceki analizlerde sırasıyla değiştirilen analiz girdilerinin bir arada, çamaşır makinasında oluşturmuş olduğu etki incelemektir. Analize ait girdiler Çizelge 3.7’de gösterilmiştir.

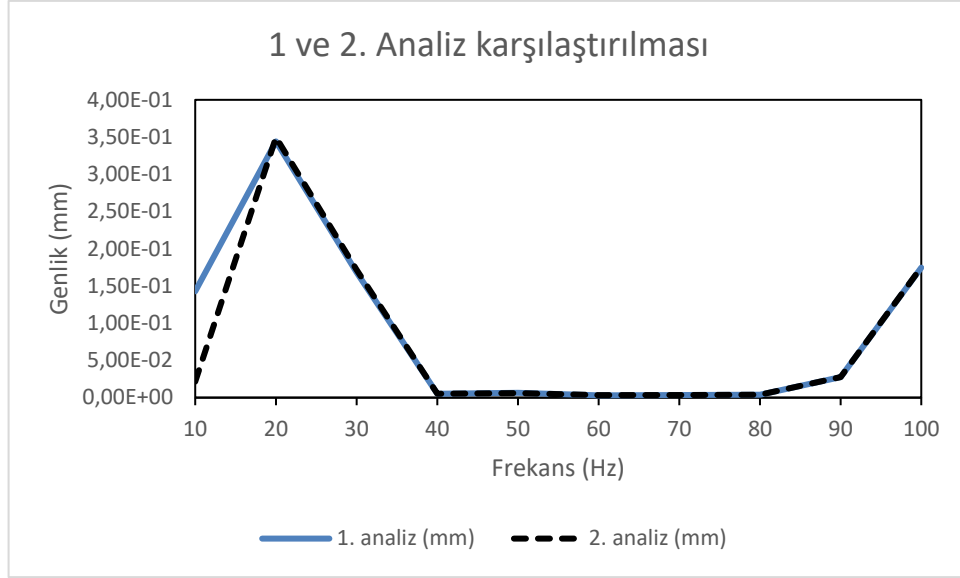
Çizelge 3.7. 2.analiz grubu harmonik analiz girdileri gösterilmiştir.

2.ANALİZ GRUBU HARMONİK ANALİZ GİRDİLERİ				
No	GİRDİLER	HARMONİK 0,3 kg	KOORDİNAT	EKSEN
1	Yay sertliği	10 N/mm		
2	Amortisör sertliği	200 N.s/mm		
3	Yerçekimi ivmesi	-9810 mm/s <sup>2</sup>	Genel	-y eksen
4	Kuvvet 1	-98,1 N	Koordinant üst	-y eksen
5	Kuvvet 2	-98,1 N	Koordinant ön	-y eksen
6	Kuvvet 3	-196,2 N	Koordinant kazan	-y eksen
7	kuvvet 4	-196,2 N	Koordinant şase	-y eksen
8	Tambur devri	600 d/dk	Koordinant kazan	+z eksen
9	Dengesiz kütle kuvveti	-4,91 N	Koordinant dengesiz kütle	-y eksen

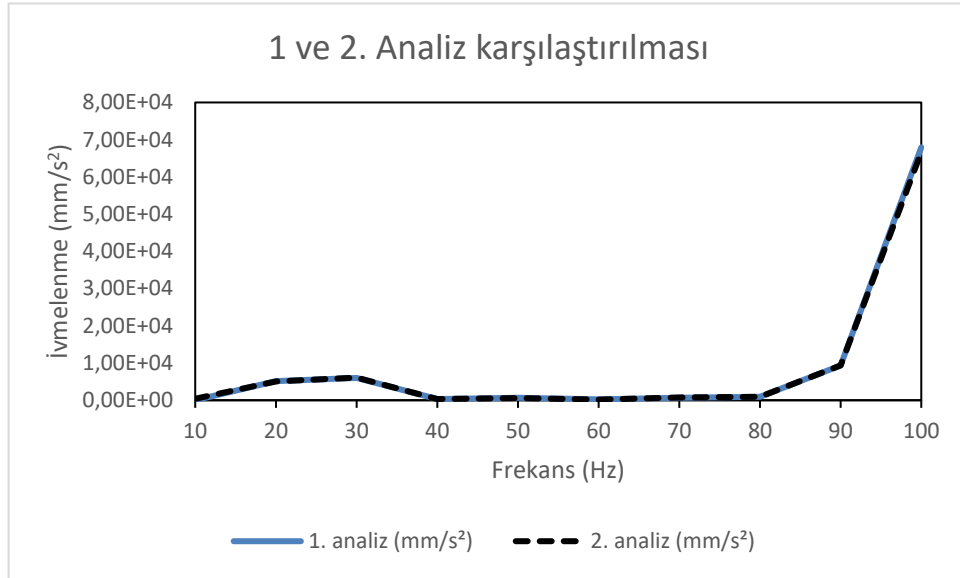
Bu analizin sonuçları direk karşılaştırma şekiller üzerinden incelenmiştir. Bu analiz grubunun, karşılaştırıldığı analiz grubu 0,3 kg kütleyle sahip olan ve analiz girdileri standart kabul edilen analizdir.

Bu iki analiz arasında sağ yüzeyin x eksenindeki deformasyon genliği Şekil 3.46'da, sol yüzeyin x eksenindeki ivmelenmesi Şekil 3.47'de, kazanın x eksenindeki ivmelenmesi Şekil 3.48'de, y eksenindeki deformasyon genliği Şekil 3.49'da, ön yüzeyin z eksenindeki ivmelenmesi Şekil 3.50'de ve arka yüzeyin z eksenindeki deformasyon genliği Şekil 3.51'de gösterilmiştir.

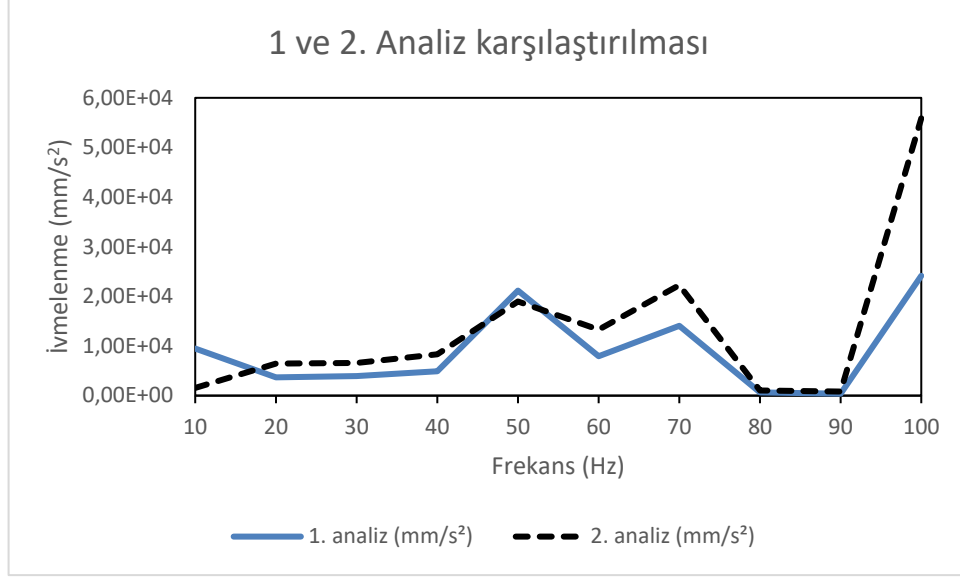




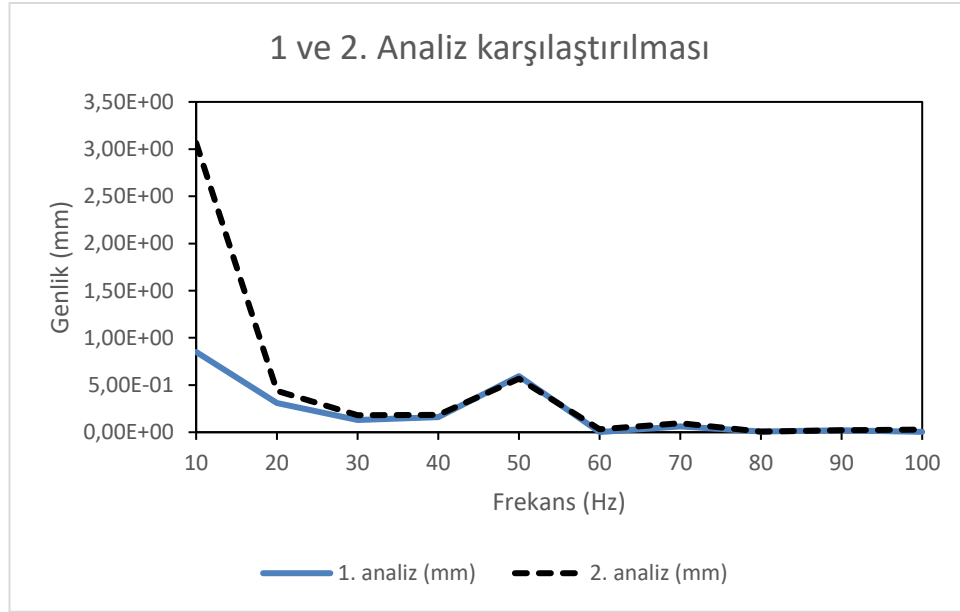
Şekil 3.46. 1 ve 2. analizlerin karşılaştırılması, sağ yüzeylerin x eksenindeki deformatiyonun genliği.



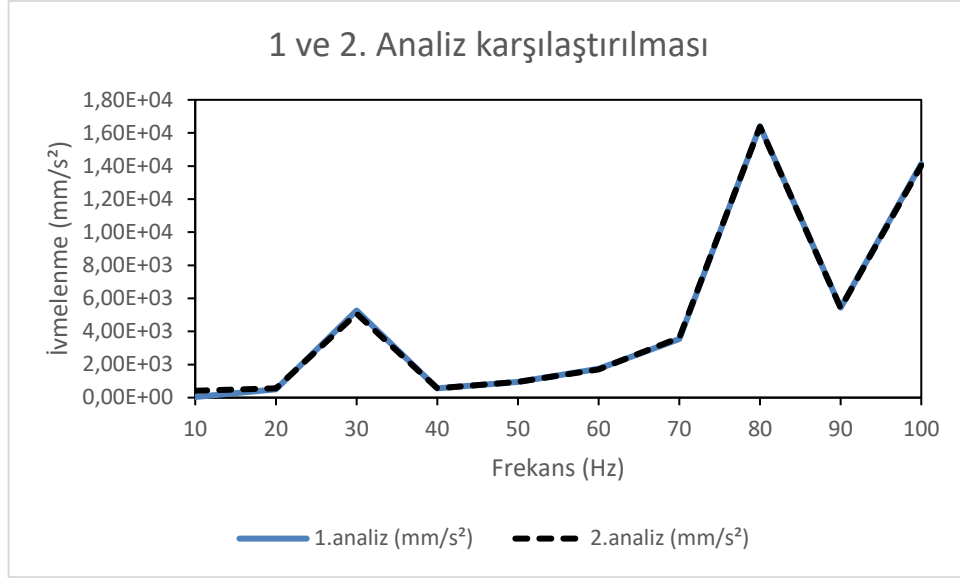
Şekil 3.47. 1 ve 2. analizlerin karşılaştırılması, sol yüzeylerin x eksenindeki ivmelenmesi.



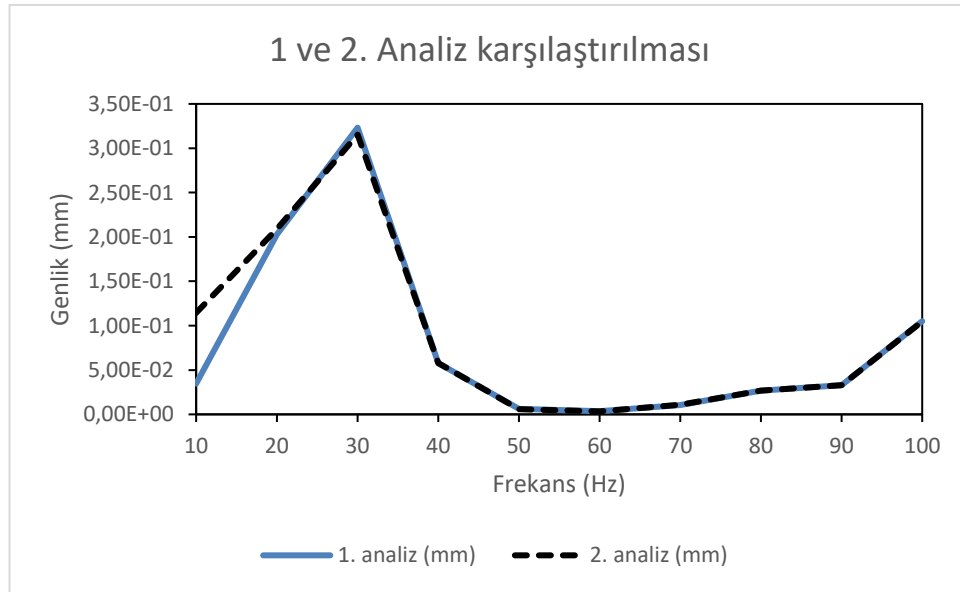
Şekil 3.48. 1 ve 2. analizlerin karşılaştırılması, kazanın x eksenindeki ivmelenmesi.



Şekil 3.49. 1 ve 2. analizlerin karşılaştırılması, kazanın y eksenindeki deformasyonun genliği.



Şekil 3.50. 1 ve 2. analizlerin karşılaştırılması, ön yüzeyin z eksenindeki ivmelenmesi.



Şekil 3.51.1 ve 2. analizlerin karşılaştırılması, arka yüzeylerin z eksenindeki deformasyonun genliği.

Karşılaştırma analizlerinde değiştirmiş olduğumuz verilerden yeni bir analiz modeli oluşturuldu. Bu analize ise 2. analiz ismi verildi ve 1. analizlerle karşılaştırıldı. Şekil 3.46'da sağ yüzeyin x eksenindeki deformasyon genliği incelendi ve genel olarak yine diğer karşılaştırmalardaki verilere çok yakın değerler elde edildi. Fakat başlangıçtaki yani 10 Hz'de elde edilen deformasyon genliğinin değeri 1. analize göre daha küçüktür. 1. analiz için 10 Hz değeri 0,14266 mm iken 2. analiz için 10 Hz değeri

$2,17 \times 10^{-02}$  mm'dir. Şekil 3.47'de ise sol yüzeye ait x eksenindeki ivmelenme incelendiğinde tüm frekans değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmekle beraber 100 Hz'de en yüksek tepe noktasına ulaşmaktadır. Ulaşılan tepe noktası değerleri 1. analiz için  $67938 \text{ mm/s}^2$  iken 2. analiz için bu değer  $66648 \text{ mm/s}^2$ 'dir. Kazanın x eksenindeki ivmelenmesi Şekil 3.48'de incelendiğinde iki analiz arasındaki fark bariz şekilde belli olmaktadır. Oluşan tepe noktaları aynı frekanslarda meydana gelmesine rağmen şeklin genelinde 1. analiz ivmelenme değerleri, 2. analiz değerlerine göre küçüktür. 10 ve 50 Hz'de 1. analiz ivmelenme değerleri yüksek iken 70 ve 100 Hz'de 2. analiz ivmelenme değerleri yüksektir. 10 ve 50 Hz' için 1. analiz ivmelenme değerleri sırasıyla;  $9513,9 \text{ mm/s}^2$  ve  $21143 \text{ mm/s}^2$ , 2. analiz değerleri  $1550,2 \text{ mm/s}^2$  ve  $18976 \text{ mm/s}^2$ 'dir. 70 ve 100 Hz'deki değerler incelendiğinde 1. analiz için ivmelenme değerleri sırasıyla;  $14066 \text{ mm/s}^2$  ve  $24146 \text{ mm/s}^2$ , 2. analiz ivmelenme değerleri  $18976 \text{ mm/s}^2$  ve  $55869 \text{ mm/s}^2$ 'dir. Kazanın y eksenindeki deformasyon genliği Şekil 3.49'da incelendiğinde şekil üzerinde en büyük farklılık 10 Hz'de oluşmaktadır. Fark 2. analiz 10 Hz'de oluşan deformasyon genliği, 1. analiz deformasyon genliğine göre yüksektir. 10 Hz 1. analiz değeri  $0,85108 \text{ mm}$  ve 2. analiz değeri  $3,0657 \text{ mm}$ 'dir. Burada oluşan fark yaklaşık 4 katı kadardır. Her iki analiz ön yüzeyine ait z eksenindeki ivmelenme Şekil 3.50'de incelediğimizde şekil genelinde değerler yakın olmasına rağmen 10 Hz'de küçük bir fark görülmektedir. 10 Hz'de 1. analiz değeri  $38,909 \text{ mm/s}^2$  ve 2. analiz değeri  $416,63 \text{ mm/s}^2$ 'dir. Arka yüzeyin z eksenindeki deformasyon genliği Şekil 3.51'de incelediğimizde görülen fark yine 10 Hz'e ait değerlerdir. 10 Hz'de 1. Analizin deformasyon genliği  $3,48 \times 10^{-02} \text{ mm}$  iken 2. analiz deformasyon genlik değeri ise  $0,1143 \text{ mm}$ 'dir. Aradaki fark yüksek olmasına karşın 20 Hz'den sonra aynı frekanslarda yakın deformasyon genliği değerlerine ulaşılmıştır.

## BÖLÜM 4

### SONUÇLAR

Bu çalışmada, çamaşır makinasına ait titreşim analizleri incelendi. Çamaşır makinasında oluşan ve oluşabilecek titreşimler pasif (yay ve amortisör) kontrollü ile azaltılmaya çalışıldı. Bu analizlerde farklı etkenlerin değiştirilmesi, diğer sabit etkenler üzerindeki etkisinde bakıldı. Başlangıç değeri olarak alınan ve dengesiz kütle etkisi altında olmaya çamaşır makinasındaki analiz girdileri başlangıç modeli kabul edilerek ilerlendi.

Daha sonra dengesiz kütle etkisi altında olmayan çamaşır makinası modeline 0,3 kg dengesiz kütle, tambur ile 45° açıyla eklendi ve karşılaştırıldı. Bu karşılaştırma sonuçlarından elde ettiğimiz tepe noktası oluşan frekans değerleri dengesiz kütle olmayan ile olan analizlerde farklılık göstermektedir. Sonuçlar incelendiğinde dengesiz kütle olmayan modelin daha düzenli değerler alması beklenebilir. Fakat analiz sonuçları bu şekilde değildir ve tepe noktası oluşan frekanslar gibi dengesiz kütleye sahip olmayan modelin tepe noktası değerleri 0,3 kg dengesiz kütleye sahip modelden daha yüksek olduğunda gözlenmektedir. Bunun sebebi doğal deformasyon modlarından ve çamaşır makinasının şase ve mekanik aksamlarından kaynaklanmaktadır.

Dengesiz kütle 0,3 kg olan model karşılaştırma modeli kabul edilerek sırasıyla; dengesiz kütle 0,5 kg, yay sertliği 10 N/mm, amortisör sertliği 200 N.s/mm ve tambur dönüş hızı 600 d/dk olarak değiştirilerek analizlerin sonuçları karşılaştırıldı. Bu sonuçlar üzerinde durursak genel olarak tek tek değiştirdiğimiz bu girdiler sonucunda oluşan analiz sonuçları birbirlerine çok yakın olmakla beraber bazı frekanslarda farklılık göstermektedir. Bu analiz sonuçlarında genellikle 20, 50 ve zaman zamanda 100 Hz'de tepe noktaları oluşturmaktadır. Bu tepe noktalarının olduğu frekansların anlattığı, üzerinde çalıştığımız çamaşır makinası için kritik olan frekansları işaret

etmektedir. Çamaşır makinası modeli bu frekans değerlerinde daha çok titreme eğilimi olurken, ayak yapısı ve zemin faktörleriyle yürüme eğilimide gösterebilir. Fakat bu frekans değerlerini atladiğı taktirde düzenli çalışmasına devam edebilecektir. Bu frekans değerlerinde hiçbir etki göstermeden sadece o tepe noktalarında çamaşır makisından çıkan seslerin artması sonuuna ulaşılabilir ve kısa vadede bir sorun oluşturmayabilir. Bu çalışmanın giriş kısmında belirtildiği üzerede mekanik sistemlerin arıza vermesinin en büyük etkeni titreşimdir. Bu sebepten dolayı uzun vadede tepe noktasında oluşan titreşimler mekanik arızalara sebebiyet verebilir.

Karşılaştırma analizlerinde değiştirilen analiz girdilerinden oluşan 2. analiz modeli oluşturuldu. Bu analiz modeli dengesiz kütle değeri 0,3 kg olan karşılaştırma analiziyle kıyaslandı. Analizlerin sonuçları birbirlerine yakın çıkmasına ragmen tepe noktası oluşan frekans değerlerde değişiklik meydana geldi. Tepe noktası oluşan frekanslarda en dikkat çeken nokta 10 Hz'de meydana gelmektedir. 10 Hz'de meydana gelen tepe noktası başlangıç frekansı olarak düşünüldüğünde, çamaşır makinasının sıkma devrine başladığında titreşim etkisinde kalmaktadır ve daha sonra daha düzenli değerlerle devam etmektedir.

Çamaşır makinasına ait girdileri tek tek değiştirdiğimiz de çok fazla bir değişiklik oluşmamakla beraber optimum seviyede değerler seçilmiş olduğu gözükmektedir. Bu sonuca ulaşmamızın sebebi değişkenlerle oynamamıza rağmen şekillerin genel durumları göz önüne alındığında sonuçların birbirlerine çok yakın çıkmalarıdır.

## KAYNAKLAR

1. Gürel Ç., Çobanoğlu Z., Gürültü, *çevre sağlığı temel sağlık dizisi* N:19, Ankara, 1994.
2. titreşim, [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com), (2020)
3. Sabancı, A. *Atatürk üniversitesi açık öğretim fakültesi*, iş hijyeni.
4. Uğur M., “Paslanmaz çeliklerin kayanğında içyapının belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2005).
5. Kardeş, F. B., “Sıcak daldırma galvaniz kaplama özelliklerine etki eden faktörlerin pilot bir firmada incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli (2020).
6. Acıgöz M., “Türkiyede kauçuk sektörü ve sorunları”, Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Tekirdağ (2014).
7. Kalkat M., “Yapay sinir ağları kullanılarak çamaşır makinalarında gürültü ve performans analizi”, *Uluslararası Katılımlı 17. Makina Teorisi Sempozyumu*, İzmir, (2015).
8. Bayraktar F., Belek H. T., “Çamaşır makinası dinamik davranışının deneysel ve teorik incelenmesi”, *İtüdergisi/d*, Cilt:5, Sayı:2, Kısım:1, 135-144 (Nisan 2006).
9. Öztürk M.E., “Çamaşır makinasının dinamik davranışının incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2007).
10. Hassaan G. A., “Vibration analysis of a horizontal washing machine, Part II: Isolation efficiency”, *International Journal of Recent Engineering Science (IJRES)*, ISSN:2349-7157, volume 16 (2015).
11. Türkay O. S., Kınay B., Tuğcu A.K., Sümer İ. T., “Formulation and implementation of parametric optimization of a washing machine suspension system”, *Mechanical Systems and Signal Processing*, 9(4), 359-377 (1995).
12. Koizumi T., Tsujiuchi N., Nishimura Y., Yamaoka N., “Modelling and vibration analysis of a drum type washing machine” *Doshisha University, Department of Engineering* (2005).

13. Spelta C., Savaresi S., Fraternali G., Gaudiano N., "Vibration reduction in a washing machine via damping control", *Proceeding of the 17 th World Congress The International Federation of Automatica Control*, Seoul, Korea (2008).



## **ÖZGEÇMİŞ**

İlyas TACİR 1992 Tokat'ta doğdu. İlk ve orta okulu İstanbul'da, liseyi Çanakkale Biga Anadolu lisesinde ve üniversiteyi Karabük üniversitesi Makina mühendisliği bölümünden mezun olarak tamamladı. Ağustos 2017 tarihinden itibaren APACK Ambalaj Makine Sanayi ve Tic. Ltd. Şti. de makine mühendisi olarak çalışmaktadır.

### **YAYINLAR**

Esen İ., Tacir İ., "Ev tipi çamaşır makinasında titreşim analizi" Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4 (2016) 443-452.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres : M. Akif Mah. Sultanbeyli / İSTANBUL

E-posta : ilyastacir@yandex.com