



**ELEKTRİK ÇELİKLERİNDE
DELİK GEOMETRİSİNE BAĞLI
MANYETİK AKI DAĞILIMININ İNCELENMESİ**

Çağdaş ERDÖNMEZ



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTRİK ÇELİKLERİNDE DELİK GEOMETRİSİNE BAĞLI MANYETİK
AKI DAĞILIMININ İNCELENMESİ**

Çağdaş ERDÖNMEZ

Prof. Dr. Dr. Naim DEREBAŞI
Tez Danışmanı

YÜKSEK LİSANS TEZİ
KATIHAL FİZİK ANABİLİM DALI

BURSA – 2018

TEZ ONAYI

Çağdaş ERDÖNMEZ tarafından hazırlanan ‘‘Elektrik Çeliklerinde Delik Geometrisine Bağlı Manyetik Akı Dağılımının İncelenmesi’’ adlı tez çalışması jüri tarafından oy birliği ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü FİZİK Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman:Prof. Dr. Dr. Naim DEREBAŞI

Başkan:Prof. Dr. Dr. Naim DEREBAŞI

Uludağ Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi,
Katıhal Fiziği Ana Bilim Dalı

İmza


Üye:Prof. Dr. Muhitdin AHMETOĞLU

Uludağ Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi,
Katıhal Fiziği Ana Bilim Dalı

İmza



Üye:Doç. Dr. Bayram KILIÇ

Yalova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,
Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım



Prof. Dr. Ali BAYRAM

Enstitü Müdürü

7.../3.../2018

U.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada ;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.



30/01/2018

Çağdaş ERDÖNMEZ

İmza

ÖZET

ELEKTRİK ÇELİKLERİNDE DELİK GEOMETRİSİNE BAĞLI MANYETİK AKI DAĞILIMININ İNCELENMESİ

Çağdaş ERDÖNMEZ

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Dr. Naim DEREBAŞI

Elektrik üretim ve aktarımı konusunda elektriğin temel taşları olan çeşitli devre elemanlarımız, makinelerimiz ve aletlerimiz vardır. Bunlara baktığımızda bu tezde yapısına odaklandığımız, elektrik enerjisini hareket enerjisine çeviren elektrik motorları, hareket enerjisini elektrik enerjisine çeviren alternatörler ve elektrik enerjisi aktarımı sırasında kullandığımız transformatörlerimiz mevcuttur. Burada ki elektrik motorları, alternatörler ve transformatörlere odaklanmamızın amacı yapısında bulunan elektrik çelikleridir. Elektrik çelikleri bu yapıların olmazsa olmaz parçası durumundadır ve bundan dolayı elektrik çeliklerindeki verimin günümüz dünyası için önemi büyüktür. İşte bu elektrik çeliklerinden yapılan bu aletlerimizin yapımı sırasında elektrik çeliklerinin yapısında birbirine birleştirmek için delik açılır. Bu delik elektrik çeliklerinin düzenli yapısında bir ortam değişikliğine neden olur. Bu bozulma manyetik alanda çalışması gereken elektrik çeliklerinin üzerinden geçen manyetik akı çizgilerinin yön değiştirmesine buda manyetik dirence neden olur. Manyetik direnç ise güç kayıpları yaratarak manyetik verimliliği azaltır.

Bu çalışmamızda ve bu bilgilerin ışığında en çok yaygın olarak kullanılan % 3 silisyum katkılı FeSi (Fe:Demir Element Sembolü, Si:Silisyum Elementi Sembolü) elektrik çeliklerini çeşitli geometrik delik yapılarında hatta bir adım öne giderek lazer kesim ve su jeti kesimleri yaparak aynı geometrik deliklerde bir karşılaştırmaya gidilmiştir. Manyetik akının ne kadar bozulmaya uğradığını delik yapılarında anlamak için geometrik şekillerin ağırlık merkezlerine göre aynı açı ile birer algılayıcı bobin yerleştirilerek manyetik akının değeri bobin üzerindeki manyetik akı tarafından indüklenen gerilim değeri ile hesaplamaya çalışılmıştır. Bu deneysel hesaplamaları yapıp sonuçları yorumlayarak manyetik akı verimliliği hakkında bir sonuca varmaya çalıştık.

Anahtar kelimeler: Elektrik motoru, alternatör, transformatör, elektrik çeliği, manyetik alan, manyetik akı, su jeti kesme, lazer kesme

2018, xviii + 91 sayfa.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF MAGNETIC FLUX DISTRIBUTION DUE TO HOLE GEOMETRY IN ELECTRICAL STEELS

Çağdaş ERDÖNMEZ

Uludag University

Graduated School of Natural and Applied Sciences

Department of Physics

Supervisor: Prof. Dr. Dr. Naim DEREBASI

There are various circuit elements, machines and tools which are the basic of electricity in electricity generation and transmission. When we look at them there are electric motors which transform electric energy into motion energy, alternators which transform motion energy into electric energy and transformers used when electrical energy transmission. The purpose of focusing on the electric motors, alternators and transformers is that their structure has electrical steels. Electrical steel is an indispensable part of these structures, therefore the efficiency in electrical steel has a big importance for today's world. Because of this, these electricals tools are made from electrical steel during which are made them, which are made a hole on a structure of the electrical steel to combine each other. This hole causes a change on the regular structure of electric steels. This deterioration causes directional change of magnetic flux on electrical steels which work in a magnetic field, in the same way this status causes magnetic resistance. Thus the magnetic resistance reduces magnetic efficiency by generating power loss.

In this work, the most commonly used % 3 silicon-added FeSi (Fe: iron element symbol, Si: silicon element symbol) electrical steel have been compared to same geometrical figures on various holes. In addition one step further, the same situation has been compared to laser cut and water cut. To understand how much deterioration is on holes structure, by placing a sensor coil at the same angle according to centers of gravity of geometric shapes, the value of magnetic flux has been tried to calculated with the value of the voltage induced by the magnetic flux on the coil. We tried to make a conclusion about the magnetic flux efficiency by making this experimental calculation and interpreting the results.

Keywords: Electric motors, alternators, transformer, electrical steel, magnetic field, magnetic flux, water jet cut, laser cut

2018, xviii, 91 pages.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimin boyunca bende desteğini, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen başta sayın Prof. Dr. Dr. Naim DEREBAŞI ve tüm öğretim görevlilerine;

Beni sürekli destekleyen öğrenimim boyunca yaptığı maddi ve manevi katkılarından hakkımı hiç ödeyemeyeceğim babam Nural ERDÖNMEZ'e;

Her tökezlemende manevi desteğini hiç bırakmayan kardeşim saydığım Osman Metehan ERDÖNMEZ'e teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Çağdaş ERDÖNMEZ

30/01/2018

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	.iii
İÇİNDEKİLER.....	.iv
SİMGELER DİZİNİ.....	.viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	.xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	.xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	2
2.1. Manyetizma.....	2
2.1.1. Manyetik atomların kuantum mekaniksel incelenmesi.....	2
2.1.1.1. Temel kuantum sayısı (n).....	2
2.1.1.2. Yörüngesel kuantum sayısı (ℓ).....	3
2.1.1.3. Yörüngesel manyetik kuantum sayısı (m_ℓ).....	3
2.1.1.4. Spin manyetik kuantum sayısı (m_s).....	3
2.1.2. Elektronların manyetik momentleri.....	6
2.1.3. Manyetik alan.....	8
2.1.4. Manyetik alan şiddeti.....	9
2.1.4.1. Biot-Savart yasası.....	9
2.1.4.2. Amper devre yasası.....	10
2.1.5. Manyetik akı yoğunluğu.....	10
2.1.5.1. Faraday ve Lenz yasaları.....	11
2.1.6. Manyetik maddelerin sınıflandırılması.....	11
2.1.6.1. B,H ve M arasındaki ilişki.....	11
2.1.6.2. Diamanyetik maddeler.....	12
2.1.6.3. Paramanyetik maddeler.....	12
2.1.6.4. Ferromanyetik maddeler.....	13
2.1.7. Ferromanyetik maddelerin manyetik özellikleri.....	14

2.1.7.1. Geçirgenlik ve artık mıknatıslanma.	14
2.1.7.2. Histeresis eğrisi ve özellikleri.	14
2.1.8. Ferromanyetik maddelerin sınıflandırılması.	16
2.2. Elektrik Çelikleri.	17
2.2.1. Yönlendirilmiş elektrik çelikleri.	17
2.2.2. Elektrik çeliklerine silisyumun etkisi.	17
3.MATERYAL VE YÖNTEM.	19
3.1. Deneysel Örneklerin Hazırlanmasında Kullanılan Lazer Kesim Makinası.	19
3.2. Deneysel Örneklerin Hazırlanmasında Kullanılan Su Jeti Makinası.	20
3.3. Ölçme Devresi.	21
3.3.1. Çekirdekte manyetik büyüklüklerin hesaplanması.	23
3.3.2. Ölçme devresini çalışma özellikleri.	25
3.3.3. Ölçüm siteminde üzerinde araştırma yapılan örnekler.	26
3.3.3.1. Lazer yardımıyla kesilen örnekler.	26
3.3.3.1.1. Örnek-1'in özellikleri.	26
3.3.3.1.2. Örnek-2'nin özellikleri.	27
3.3.3.1.3. Örnek-3'ün özellikleri.	28
3.3.3.1.4. Örnek-4'ün özellikleri.	29
3.3.3.1.5. Örnek-5 in özellikleri.	30
3.3.3.2. Su jeti yardımıyla kesilen örnekler.	31
3.3.3.2.1. Örnek-6'nın özellikleri.	31
3.3.3.2.2 Örnek-7'nin özellikleri.	32
3.3.3.2.3. Örnek-8'in özellikleri.	33
3.3.3.2.4. Örnek-9'un özellikleri.	34
3.3.3.2.5. Örnek-10'un özellikleri.	35
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.	37
4.1. Lazer Kesim Örneklerinin Deneysel Verileri.	38
4.1.1. Örnek-1'in deneysel verileri.	38
4.1.2. Örnek-2'nin deneysel verileri.	40
4.1.3. Örnek-3'ün deneysel verileri.	42
4.1.4. Örnek-4'ün deneysel verileri.	44

4.2. Su Jeti Kesim Örneklerinin Deneysel Verileri.	46
4.2.1. Örnek-6'nın deneysel verileri.	46
4.2.2. Örnek-7'nin deneysel verileri.	48
4.2.3. Örnek-8'nin deneysel verileri.	50
4.2.4. Örnek-9'nin deneysel verileri.	52
4.3. Lazer Kesim ve Su Jeti Kesim Deney Parçalarının Deneysel Sonuçlarının Frekansa Göre ve Manyetik Akıya Göre İncelenmesi.	54
4.3.1. Frekansa göre lazer kesim deneysel parçaların deneysel sonuçlarının karşılaştırılması.	55
4.3.1.1. Daire geometrik şekli.	55
4.3.1.2. Elips geometrik şekli.	56
4.3.1.3. Eşkenar üçgen geometrik şekli.	57
4.3.1.4. Kare geometrik şekli.	58
4.3.2. Lazer kesim örneklerinin sabit frekansta aynı manyetik alandaki akı karşılaştırılması.	59
4.3.2.1. 50 Hz'de İndüklenen akı miktarları.	59
4.3.2.2. 100 Hz'de İndüklenen akı miktarları.	60
4.3.2.3. 200 Hz'de İndüklenen akı miktarı.	61
4.3.2.4. 400 Hz'de İndüklenen akı miktarı.	62
4.3.3. Su jeti kesim deney örneklerinin değişen frekans değerlerinde manyetik akı karşılaştırılması.	64
4.3.3.1. Daire geometrik şekli.	64
4.3.3.2. Elips geometrik şekli.	65
4.3.3.3. Eşkenar dörtgen geometrik şekli.	66
4.3.3.4. Kare geometrik şekli.	67
4.3.4. Su jeti kesim örneklerinin sabit frekansta aynı manyetik alanda manyetik akı karşılaştırılması.	68
4.3.4.1. 50Hz değerleri.	68
4.3.4.2. 100 Hz değerleri.	69
4.3.4.3. 200 Hz değerleri.	70
4.3.4.4. 400 Hz değerleri.	71

4.4. Lazer Kesim ve Su Jeti Kesim Deney Verilerinin Karşılaştırılması.	72
4.4.1. 50 Hz frekans değerindeki karşılaştırmalar.	73
4.4.2. 400Hz frekans değerindeki karşılaştırmalar.	75
5. SONUÇ.	77
KAYNAKLAR.	83
EKLER.	84
Ek-1 Bu çalışmalarımıza dayalı yayınlanan makalemizin ilk sayfası.	85
Ek-2 Bu çalışmalarımıza dayalı yayınlanan makalemizin ilk sayfası.	86
Ek-3 Bu çalışmalarımıza dayalı yayınlanan makalemizin ilk sayfası.	87
Ek-4 Hata hesabı.	88
ÖZGEÇMİŞ.	91

SİMGELER DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
n	Temel Kuantum Sayısı
E	Elektronun Enerjisi
Z	Atom Numarası
m_e	Elektronun Kütlesi
e	Elektronun Yüğü
ϵ_0	Boşluktaki Elektriksel Geçirgenlik
h	Planck Sabiti
ℓ	Yörüngesel Açısai Momentum Kuantum Sayısı
P_ℓ	Yörüngesel Açısai Momentum
m_ℓ	Yörüngesel Manyetik Kuantum Sayısı
m_s	Spin Manyetik Kuantum Sayısı
P_s	Spin Açısai Momentum
S	Elektron Spini
\vec{S}	Toplam Spin Vektörü
\vec{L}	Toplam Yörüngesel Vektörü
\vec{J}	Toplam Açısai Momentum Vektörü
P_j	Toplam Açısai Momentum
V	Elektronun Hızı
μ_ℓ^1	Yörüngesel Manyetik Moment
μ_s^1	Spin Manyetik Moment
μ_B^1	Bohr Magnetonu
μ_j^1	Toplam Manyetik Moment
g	Lande veya Spektroskopik Yarılma Faktörü
H	Manyetik Alan Şiddeti
B	Manyetik Akı Yoğunluğu
μ	Manyetik Geçirgenlik

μ_0	Boşluğun Manyetik Geçirgenliği
N	Sarım Sayısı
Φ	Manyetik Akı
V	İndüklenen Gerilim
t	Zaman
A	Yüzey Alanı
μ^1	Manyetik Moment
M	Mıknatıslanma
ℓ_d	Dipol Uzunluğu
M_s	Doyum Mıknatıslanma
X	Manyetik Alınganlık
μ_r	Bağlı Manyetik Geçirgenlik
T_c	Curie Sıcaklığı
H_c	Sıfırlayıcı Alan
T_g	Camsı-Erime Sıcaklığı
P_h	Histeresis Kayıpları
F	Frekans
P_g	Klasik Girdap Akımı Kayıpları
P_d	Elektriksel Direnç
d	Yoğunluk
t_ℓ	Levhanın Kalınlığı
g	Hava Aralığı Uzunluğu
w	Levha Genişliği
a	Üst Üste Binme Uzunluğu
H_z	Zıt Mıknatıslanma Alanı
N_z	Zıt Mıknatıslanma Sabiti
ℓ_{Fe}	Akının Demir Üzerinde Aldığı Yol
ℓ_h	Akının Hava Üzerinde Aldığı Yol
μ_{Fe}	Demirin Manyetik Geçirgenliği
μ_h	Havanın Manyetik Geçirgenliği

E_{md}	Manyetik Durgun Enerji
K_s	Şekil-anizotropi Sabiti
E_p	Potansiyel Enerji
\vec{E}	Elektrik Alan Şiddeti
\vec{D}	Elektrik Akı Yoğunluğu
\vec{J}_a	Elektrik Akım Yoğunluğu
ρ	Elektrik Yük Yoğunluğu
ε	Ortamin Dielektrik Geçirgenliği
σ	Ortamin İletkenliği
\vec{A}	Vektör Potansiyel
Φ	Bilinmeyen Fonksiyon
f	Kaynak veya Uyarma Fonksiyonu
ω	Açısal Frekans
V_{ort}	İndüklenen Gerilimin Ortalama Değeri
V_p	İndüklenen Gerilimin Tepe Değeri
V_{rms}	İndüklenen Gerilimin rms Değeri
N	Algılayıcı Bobin sarım sayısı
ℓ_{ort}	Çekirdek Üzerinde Akının Aldığı Ortalama Yol
N_1	Mıknatıslanma Bobininin Sarım Sayısı
i_m	Akımın En Büyük Değeri
B_m	Manyetik Akı Yoğunluğunun En Büyük Değeri
H_m	Manyetik Alan Şiddetinin En Büyük Değeri
ρ_k	Yüzey Kutup
\vec{J}_s	Uygulanan Kaynak Akım Yoğunluğu Vektörü
\vec{J}_e	İndüklenen Girdap Akım Yoğunluğu Vektörü
\vec{J}_v	Hız Akım Yoğunluğu Vektörü
M_o	Kalıcı Mıknatıslanma
\mathcal{R}	Manyetik Direnç

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. 3d Elektronlarının yörüngesel ve spin açısal momentumlarının alabileceği Değerler (Chikazumi, 1986).	4
Şekil 2.2. Bir demir atomundaki elektron kabukları (Bozorth, 1968).	5
Şekil 2.3. Russell-Sounders çiftlenimi.	6
Şekil 2.4. Bir akım halkasındaki elektronun hareketi.	7
Şekil 2.5. Elektrik akımı taşıyan tek sarımlı bobinin manyetik alanı.	9
Şekil 2.6. Diamanyetizma.	12
Şekil 2.7. Paramanyetizma.	13
Şekil 2.8. Ferromanyetizma.	13
Şekil 2.9. Histeresiz eğrisi ve domainlerin durumu.	15
Şekil 2.10. Yönlendirilmemiş elektrik çeliğinin domain yapısı.	17
Şekil 2.11. Yıllara göre güç kaybındaki değişim.	18
Şekil 2.12. Silisyum yüzdesinin maddenin manyetik özelliklerine etkisi.	18
Şekil 3.1. Lazer kesim makinası genel görünüşü.	20
Şekil 3.2. Su jeti kesim makinasının genel görünüşü.	21
Şekil 3.3. Ölçme devre şeması.	21
Şekil 3.4. Geri besleme devre şeması (Derebaşı, 1994).	22
Şekil 3.5. Deney düzeneği ve kullandığımız laboratuvar aletleri genel görünüşü.	22
Şekil 3.6. Çekirdeğin şekli ve boyutları (Solidworks çizim programı ile çizimi).	23
Şekil 3.7. Hazırlanmış Deneysel Örnek-1 (Solidworks Çizimi 2 boyutlu görünüm).	27
Şekil 3.8. Hazırlanmış Deneysel Örnek-2 (Solidworks çizimi 2 boyutlu görünümü).	28
Şekil 3.9. Hazırlanmış deneysel örnek-3 (Solidworks çizimi 2 boyutlu görünümü).	29
Şekil 3.10. Hazırlanmış deneysel örnek-4 (Solidworks çizimi 2 boyutlu görünümü).	30
Şekil 3.11. Hazırlanmış deneysel örnek-5 (Solidworks çizimi 2 boyutlu görünümü)	31
Şekil 3.12. Hazırlanmış deneysel örnek-6 (Solidworks 2 boyutlu görünümü).	32
Şekil 3.13. Hazırlanmış deneysel örnek-7 (Solidworks 2 boyutlu görünümü).	33
Şekil 3.14. Hazırlanmış deneysel örnek-8 (solidworks 2 boyutlu görünümü).	34
Şekil 3.15. Hazırlanmış Deneysel Örnek-9 (Solidworks 2 boyutlu çizimi).	35

Şekil 3.16. Hazırlanmış deneysel örnek-10 (Solidworks 2 boyutlu görünümü).	36
Şekil 4.1. Örnek-1 (Daire)'in N_1 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun $B(T)$, manyetik alan şiddeti $H (A/m)$ ile değişimi.	39
Şekil 4.2. Örnek-1 (Daire)'in N_2 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun $B(T)$, manyetik alan şiddeti $H (A/m)$ ile değişimi.	39
Şekil 4.3. Örnek-2 (Elips)'nin N_1 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun $B(T)$, manyetik alan şiddeti $H (A/m)$ ile değişimi.	41
Şekil 4.4. Örnek-2 (Elips)'nin N_2 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun $B(T)$, manyetik alan şiddeti $H (A/m)$ ile değişimi.	41
Şekil 4.5. Örnek-3 (Eşkenar Üçgen)'ün N_1 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun $B(T)$, manyetik alan şiddeti $H (A/m)$ ile değişimi.	43
Şekil 4.6. Örnek-3 (Eşkenar Üçgen)'ün N_2 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun $B(T)$, manyetik alan şiddeti $H (A/m)$ ile değişimi.	43
Şekil 4.7. Örnek-4 (Kare)'ün N_1 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun $B(T)$, manyetik alan şiddeti $H (A/m)$ ile değişimi.	45
Şekil 4.8. Örnek-4 (Kare)'ün N_2 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun $B(T)$, manyetik alan şiddeti $H (A/m)$ ile değişimi.	45
Şekil 4.9. Örnek-6 (Daire)'nın N_1 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun $B(T)$, manyetik alan şiddeti $H (A/m)$ ile değişimi.	47
Şekil 4.10. Örnek-6 (Daire)'nın N_2 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun $B(T)$, manyetik alan şiddeti $H (A/m)$ ile değişimi.	47
Şekil 4.11. Örnek-7 (Elips)'nin N_1 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun $B(T)$, manyetik alan şiddeti $H (A/m)$ ile değişimi.	49
Şekil 4.12. Örnek-7 (Elips)'nin N_2 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun $B(T)$, manyetik alan şiddeti $H (A/m)$ ile değişimi.	49
Şekil 4.13. Örnek-8 (Kare)'in N_1 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun $B(T)$, manyetik alan şiddeti $H (A/m)$ ile değişimi.	51
Şekil 4.14. Örnek-8 (Kare)'in N_2 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun $B(T)$, manyetik alan şiddeti $H (A/m)$ ile değişimi.	51

Şekil 4.15. Örnek-9 (Eşkenar dörtgen)'un N_1 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun $B(T)$, manyetik alan şiddeti $H (A/m)$ ile değişimi.	53
Şekil 4.16. Örnek-9 (Eşkenar dörtgen)'un N_2 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun $B(T)$, manyetik alan şiddeti $H (A/m)$ ile değişimi.	53
Şekil 4.17. Daire Geometrik Şeklinin aynı manyetik alan şiddeti değerinde, farklı Frekans değerlerinde N_2 algılayıcı bobinde indüklenen manyetik indüksiyonun $B (T)$ 'nin karşılaştırılması.	55
Şekil 4.18. Elips geometrik şeklinin aynı manyetik alan şiddeti değerinde, farklı frekans değerlerinde N_2 algılayıcı bobinde indüklenen manyetik indüksiyonun $B (T)$ 'nin karşılaştırılması.	56
Şekil 4.19. Eşkenar üçgenin geometrik şeklinin aynı manyetik alan şiddeti değerinde, farklı frekans değerlerinde N_2 algılayıcı bobinde indüklenen manyetik indüksiyonun $B (T)$ 'nin karşılaştırılması.	57
Şekil 4.20. Kare geometrik şeklinin aynı manyetik alan şiddeti değerinde, farklı frekans değerlerinde N_2 algılayıcı bobinde indüklenen manyetik indüksiyonun $B (T)$ 'nin karşılaştırılması.	58
Şekil 4.21. Farklı geometrik şekillerin 50 Hz frekans değerinde ve aynı manyetik alan şiddeti değerlerinde, N_2 de indüklenen manyetik indüksiyonun $B (T)$ 'nin karşılaştırılması.	59
Şekil 4.22. Farklı geometrik şekillerin 100 Hz frekans değerinde ve aynı manyetik alan şiddeti değerlerinde, N_2 de indüklenen manyetik indüksiyonun $B(T)$ 'nin karşılaştırılması.	60
Şekil 4.23. Farklı geometrik şekillerin 200 Hz frekans değerinde ve aynı manyetik alan şiddeti değerlerinde, N_2 de indüklenen manyetik indüksiyonun $B (T)$ 'nin karşılaştırılması.	61
Şekil 4.24. Farklı geometrik şekillerin 400 Hz frekans değerinde ve aynı manyetik alan şiddeti değerlerinde, N_2 de indüklenen manyetik indüksiyonun $B (T)$ 'nin karşılaştırılması.	62

Şekil 4.25. Daire geometrik şeklinin aynı manyetik alan şiddeti değerinde, farklı frekans değerlerinde N_2 algılayıcı bobinde indüklenen manyetik indüksiyonun $B(T)$ 'nin karşılaştırılması.	64
Şekil 4.26. Elips geometrik şeklinin aynı manyetik alan şiddeti değerinde, farklı frekans değerlerinde N_2 algılayıcı bobinde indüklenen manyetik indüksiyonun $B(T)$ 'nin karşılaştırılması.	65
Şekil 4.27. Eşkenar dörtgen geometrik şeklinin aynı manyetik alan şiddeti değerinde, farklı frekans değerlerinde N_2 algılayıcı bobinde indüklenen manyetik indüksiyonun $B(T)$ 'nin karşılaştırılması.	66
Şekil 4.28. Kare geometrik şeklinin aynı manyetik alan şiddeti değerinde, farklı frekans değerlerinde N_2 algılayıcı bobinde indüklenen manyetik indüksiyonun $B(T)$ 'nin karşılaştırılması.	67
Şekil 4.29. Farklı geometrik şekillerin 50 Hz frekans değerinde ve aynı manyetik alan şiddeti değerlerinde, N_2 de indüklenen manyetik indüksiyonun $B(T)$ 'nin karşılaştırılması.	68
Şekil 4.30. Farklı geometrik şekillerin 100 Hz frekans değerinde ve aynı manyetik alan şiddeti değerlerinde, N_2 de indüklenen manyetik indüksiyonun $B(T)$ 'nin karşılaştırılması.	69
Şekil 4.31. Farklı geometrik şekillerin 200 Hz frekans değerinde ve aynı manyetik alan şiddeti değerlerinde, N_2 de indüklenen manyetik indüksiyonun $B(T)$ 'nin karşılaştırılması.	70
Şekil 4.32. Farklı geometrik şekillerin 400 Hz frekans değerinde ve aynı manyetik alan şiddeti değerlerinde, N_2 de indüklenen manyetik indüksiyonun $B(T)$ 'nin karşılaştırılması.	71
Şekil 4.33. Örnek-5 ve Örnek-10 örneklerinin 50 Hz frekans değerinde aynı manyetik indüksiyon $B(T)$ değerinde, BÜYÜK dairenin algılayıcı bobinlerinde indüklenen manyetik indüksiyonun $B(T)$ değerlerinin karşılaştırılması. . .	74
Şekil 4.34. Örnek-5 ve Örnek-10 örneklerinin 50 Hz frekans değerinde aynı manyetik indüksiyon $B(T)$ değerinde, KÜÇÜK dairenin algılayıcı bobinlerinde indüklenen manyetik indüksiyonun $B(T)$ değerlerinin karşılaştırılması. .	75

Şekil 4.35. Örnek-5 ve Örnek-10 örneklerinin 400 Hz frekans değerinde aynı manyetik indüksiyon B (T) değerinde, BÜYÜK dairenin algılayıcı bobinlerinde indüklenen manyetik indüksiyonun B (T) değerlerinin karşılaştırılması. . .76

Şekil 4.36. Örnek-5 ve Örnek-10 örneklerinin 50 Hz frekans değerinde aynı manyetik indüksiyon B (T) değerinde, KÜÇÜK dairenin algılayıcı bobinlerinde indüklenen manyetik indüksiyonun B (T) değerlerinin karşılaştırılması. . .77



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Bazı ferromanyetik maddelerin oda sıcaklığındaki doyum mıknatıslanma değerleri.	16
Çizelge 3.1. Lazer kesim makinasının teknik özellikleri.	19
Çizelge 3.2. Su kesim makinasının genel teknik özellikleri.	20
Çizelge 4.1. 50 Hz Örnek-1'in deneysel verileri.	38
Çizelge 4.2. 100 Hz Örnek-1'in deneysel verileri.	38
Çizelge 4.3. 200 Hz Örnek-1'in deneysel verileri.	38
Çizelge 4.4. 400 Hz Örnek-1'in deneysel verileri.	38
Çizelge 4.5. 50 Hz Örnek-2'nin deneysel verileri.	40
Çizelge 4.6. 100 Hz Örnek-2'nin deneysel verileri.	40
Çizelge 4.7. 200 Hz Örnek-2 deneysel verileri.	40
Çizelge 4.8. 400 Hz Örnek-2'nin deneysel verileri.	40
Çizelge 4.9. 50 Hz Örnek-3'ün deneysel verileri.	42
Çizelge 4.10. 100 Hz Örnek-3'ün deneysel verileri.	42
Çizelge 4.11. 200 Hz Örnek-3'ün deneysel verileri.	42
Çizelge 4.12. 400 Hz Örnek-3'ün deneysel verileri.	42
Çizelge 4.13. 50 Hz Örnek-4'ün deneysel verileri.	44
Çizelge 4.14. 100 Hz Örnek-4'ün deneysel verileri.	44
Çizelge 4.15. 200 Hz Örnek-4'ün deneysel verileri.	44
Çizelge 4.16. 400 Hz Örnek-4'ün deneysel verileri.	44
Çizelge 4.17. 50 Hz Örnek-6'nın deneysel verileri.	46
Çizelge 4.18. 100 Hz Örnek-6'nın deneysel verileri.	46
Çizelge 4.19. 200 Hz Örnek-6'nın deneysel verileri.	46
Çizelge 4.20. 400 Hz Örnek-6'nın deneysel verileri.	46
Çizelge 4.21. 50 Hz Örnek-7'nin deneysel verileri.	48
Çizelge 4.22. 100 Hz Örnek-7'nin deneysel verileri.	48
Çizelge 4.23. 200 Hz Örnek-7'nin deneysel verileri.	48
Çizelge 4.24. 400 Hz Örnek-7'nin deneysel verileri.	48

Çizelge 4.25. 50 Hz Örnek-8'in deneysel verileri.	50
Çizelge 4.26. 100 Hz Örnek-8'in deneysel verileri.	50
Çizelge 4.27. 200 Hz Örnek-8'in deneysel verileri.	50
Çizelge 4.28. 400 Hz Örnek-8'in deneysel verileri.	50
Çizelge 4.29. 50 Hz Örnek-9'un deneysel verileri.	52
Çizelge 4.30. 100 Hz Örnek-9'un deneysel verileri.	52
Çizelge 4.31. 200 Hz Örnek-9'un deneysel verileri.	52
Çizelge 4.32. 400 Hz Örnek-9'un deneysel verileri.	52
Çizelge 4.33. Daire geometrik şeklinin frekans değerlerine göre indüklenen manyetik akı değerleri.	55
Çizelge 4.34. Elips geometrik şeklinin frekans değerlerine göre indüklenen manyetik akı değerleri.	56
Çizelge 4.35. Eşkenar üçgen geometrik şeklinin frekanslara göre indüklenen manyetik akı değerleri.	57
Çizelge 4.36. Elips geometrik şeklinin frekans değerlerine göre indüklenen manyetik akı değerleri.	58
Çizelge 4.37. 50 Hz frekans karşılığında geometrik şekillerin indüklenen manyetik akı karşılaştırılması.	59
Çizelge 4.38. 100 Hz frekans karşılığında geometrik şekillerin indüklenen manyetik akı karşılaştırılması.	60
Çizelge 4.39. 200 Hz frekans karşılığında geometrik şekillerin indüklenen manyetik akı karşılaştırılması.	61
Çizelge 4.40. 400 Hz frekans karşılığında geometrik şekillerin indüklenen manyetik akı karşılaştırılması.	62
Çizelge 4.41. Daire geometrik şeklinin frekanslara bağlı geometrik şeklinin manyetik akı indüklenmesinin karşılaştırılması.	64
Çizelge 4.42. Elips geometrik şeklinin frekanslara bağlı geometrik şeklinin manyetik akı indüklenmesinin karşılaştırılması.	65
Çizelge 4.43. Eşkenar Dörtgen geometrik şeklinin frekanslara bağlı geometrik şeklinin manyetik akı indüklenmesinin karşılaştırılması.	66

Çizelge 4.44. Kare geometrik şeklinin frekanslara bağlı geometrik şeklinin manyetik akı indüklenmesinin karşılaştırılması.	67
Çizelge 4.45. 50 Hz frekans karşılığında geometrik şekillerin indüklenen manyetik akı karşılaştırılması.	68
Çizelge 4.46. 100 Hz frekans karşılığında geometrik şekillerin indüklenen manyetik akı karşılaştırılması.	69
Çizelge 4.47. 200 Hz frekans karşılığında geometrik şekillerin indüklenen manyetik akı karşılaştırılması.	70
Çizelge 4.48. 400 Hz frekans karşılığında geometrik şekillerin indüklenen manyetik akı karşılaştırılması.	71
Çizelge 4.49. Örnek-5 ve Örnek-10 örneklerinin 50 Hz frekans değerinde BÜYÜK dairenin deneysel bobinlerinden geçen akının kesim şekline göre karşılaştırılması.	73
Çizelge 4.50. Örnek-5 ve Örnek-10 örneklerinin 50 Hz frekans değerinde KÜÇÜK dairenin deneysel bobinlerinden geçen akının kesim şekline göre karşılaştırılması.	74
Çizelge 4.51. Örnek-5 ve Örnek-10 örneklerinin 400 Hz frekans değerinde BÜYÜK dairenin deneysel bobinlerinden geçen akının kesim şekline göre karşılaştırılması.	75
Çizelge 4.52. Örnek-5 ve Örnek-10 örneklerinin 400 Hz Frekans değerinde KÜÇÜK dairenin deneysel bobinlerinden geçen akının kesim şekline göre karşılaştırılması.	76

1.GİRİŞ

Günümüzde dünya hayatında elektriğin önemi kadar başka bir şeyin önemi olmadığını her şeyi ile dünya hayatı ve gelişmişlik teknoloji düzeyi bize göstermektedir. Bu sebeple bu enerjiyi dünyada elde etmeyi oldukça sınırlı kaynaklar ile yapabilmekteyiz. Kaynakların sınırlı olması insan oğlunu bu enerjiyi daha verimli ve daha kullanışlı yapma yollarına itmektir. Bildiğimiz üzere bu enerjiyi gerek üretmek gerekse aktarım halinde oldukça kayda değer kayıpların olduğunu bilmekteyiz. Bu kayıplarda bize istediğimiz enerjiyi üretmek için daha fazla kaynak kullanmamıza yol açmaktadır.

İşte bu elektrik enerjisi üretimi esnasında gelişen teknoloji ile birlikte % 3 Silisyum katkılı elektrik çelikleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu çeliklerin kullanılmaya başlanması enerji verimliliğinde oldukça kayda değer bir oranda artışa yol açmıştır. Ancak bildiğimiz normal şartlarda hiçbir enerji üretirken ya da fiziksel bir enerji değişimi esnasında tamamen sıfır enerji kaybı, % 100 verim söz konusu değildir.

Bu çalışmamızda elektrik enerjisi üretiminde alternatörlerde kullanılan ve elektrik aktarımı sırasında transformatörlerde kullanılan elektrik çelikleri, üretim esnasında yapısında birleştirme amaçlı fiziksel delik açmak zorunda kalırız. İşte bu deliklerin gerek çapı gerekse geometrik şeklinin manyetik alanda enerji verimliliği ve manyetik kayıp bakımından en uygun şeklin hangisinin uygun olacağına, bu çalışmamızda yorumlamaya çalıştık. Aynı zamanda çeşitli geometrik delikler ile günümüz teknolojisinde kullanılan Lazer kesim ve Su jeti kesim tekniklerinin hangisinin manyetik kayıplar bakımından daha verimli olduğunu deneysel verilerimizle birlikte ortaya koymaya çalıştık.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Manyetizma

Manyetizma, temelde elektrik yüklerinin hareket etmesi neticesinde oluşan bir fiziksel etkidir. Maddeyi oluşturan atomları düşündüğümüzde atomun temel yapıları olan elektron ve çekirdek, hareketlerinden dolayı bir manyetik momente sahiptir. Bu hareketler çekirdeğin kendi eksenini etrafında dönmesi ve elektronun kendi etrafında dönmesi ve yörüngesel dönmesi biçimindedir. Çekirdeğin bu hareketinden dolayı oluşan bu manyetik momenti elektronun hareketinden dolayı oluşturduğu manyetik momentinden daha düşüktür. Dolayısıyla bir maddenin manyetik özellikleri elektronların oluşturduğu manyetik momentler belirler.

Atomik manyetik momentlerin oluşumunda elektronun iki temel hareketi vardır. Elektronun çekirdek etrafında dönmesi ile yörünge, kendi etrafında dönmesi de spin hareketi olarak isimlendirilir. Bu spin hareketi bir halkadan geçen elektronun meydana getirdiği dipol momenti ile eşdeğerdir.

2.1.1. Manyetik atomların kuantum mekaniksel incelenmesi

Manyetik maddelerde, atomlardaki elektronlar bölgesel olmadıklarında spin durumlarının önemi çok büyüktür. Bir atomda elektronun durumunu belirlemek için toplam 4 adet kuantum sayısı tanımlanır. Bunlar; temel kuantum sayısı n , yörüngesel açısal momentum kuantum sayısı l , yörüngesel manyetik kuantum sayısı m_l ve spin manyetik kuantum sayısı m_s ' dir.

2.1.1.1. Temel kuantum sayısı (n)

1,2,3,..... gibi tam sayı değerlerini alır. Bu kuantum sayısı ile yörüngenin genişliği ve yörüngenin enerjisi tanımlanır. $n=1,2,3,.....$ ile değişen yörünge gurupları, başka bir deyişle elektron gurupları, sırasıyla aşağıdaki gibidir;

n	1	2	3	4	5	6	7
Yörünge Grubu	K	L	M	N	O	P	Q

Baş kuantum sayısına (n) göre bir elektronun yörüngesel enerjisi;

$$E = \frac{Z^2 m_e e^4}{8n^2 h^2 \epsilon_0^2} \quad (2.1)$$

olarak verilir. Burada Z atom numarası, m_e elektron kütlesi, e elektron yükü, ϵ_0 boşluktaki elektriksel geçirgenlik ve h Planck sabitidir. n . kabuktaki izin verilmiş elektronların en büyük sayısı $2n^2$ dir.

2.1.1.2. Yörüngesel kuantum sayısı (ℓ)

Elektronun yörüngesel hareketinden dolayı kazandığı açısal momentumunun bir değeridir. Her elektron değeri P_ℓ ile verilen;

$$P_\ell = \sqrt{\ell(\ell + 1)} \hbar \quad (2.2)$$

yörüngesel açısal momentuma sahiptir. Burada $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ 'dir.

ℓ , 0 , 1 , 2 , , (n-1) değerlerini alabilir. ℓ ile değişen yörüngelerin aldığı isimler aşağıdaki gibidir.

ℓ	0	1	2	3	4
Yörünge	S	p	d	f	g

2.1.1.3. Yörüngesel manyetik kuantum sayısı (m_ℓ)

Yörüngesel Manyetik Kuantum sayısı dış bir manyetik alanın etkisiyle oluşmaktadır. Elektron yörüngelerinin içinde bulunduğu düzlem belirli yönelimlerde bulunabilir. m_ℓ ,

$$\ell, (\ell-1), (\ell-2), \dots, 0, \dots, -(\ell-2), -(\ell-1), -\ell$$

değerleri arasındadır. Ve uygulanan dış alan yönündeki açısal momentumun yörüngesel bileşeni $m_\ell \hbar$ ile verilir.

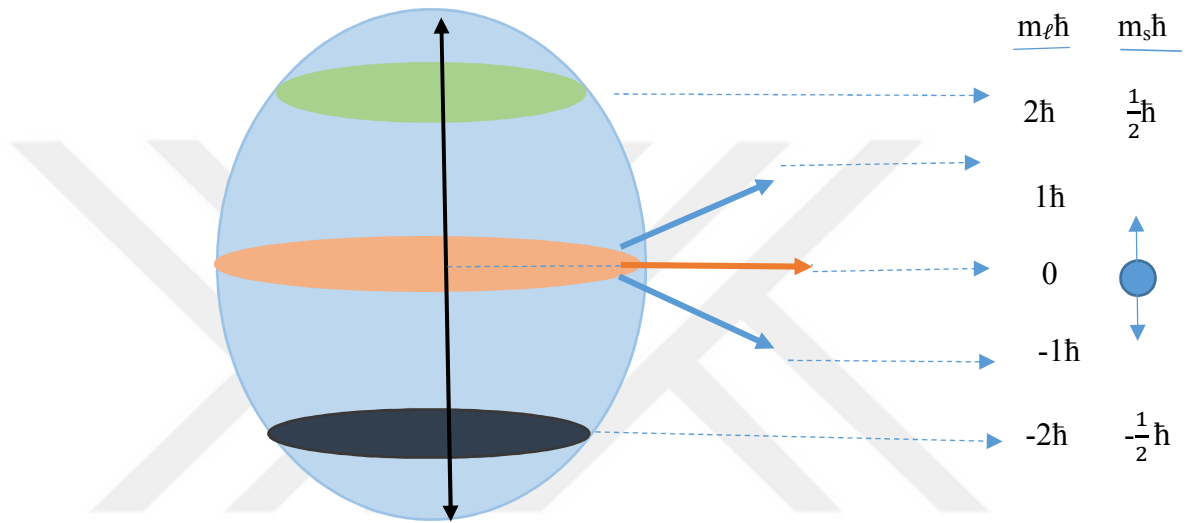
2.1.1.4. Spin manyetik kuantum sayısı (m_s)

Elektronun kendi etrafında dönmesinden dolayı bir açısal momentuma sahiptir. Bu açısal momentum;

$$P_s = \sqrt{s(s + 1)} \hbar \quad (2.3)$$

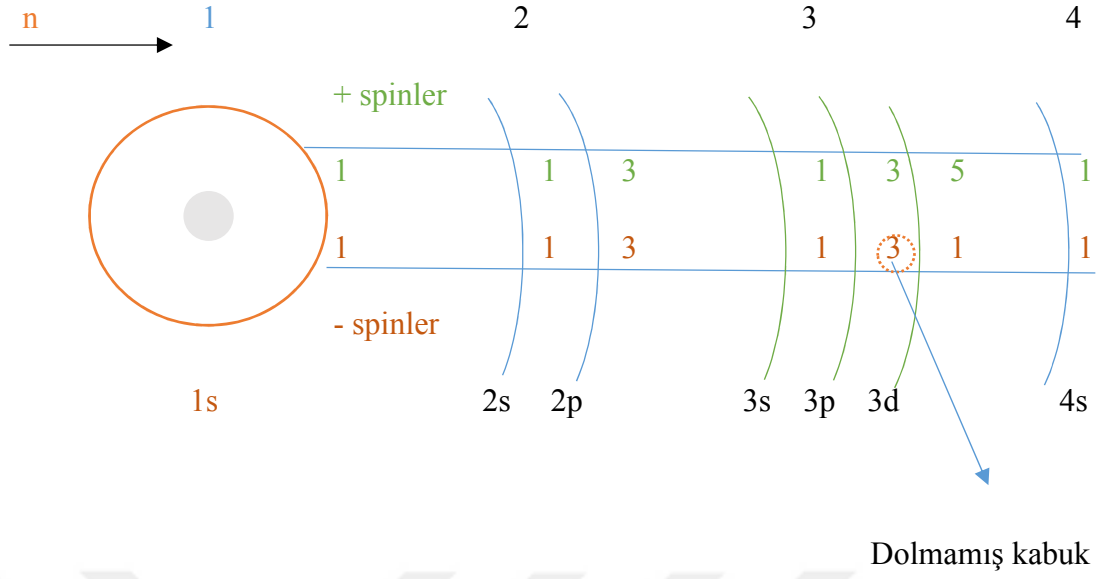
olarak verilir. Burada s , elektronun spinidir ve değeri $\frac{1}{2}$ 'dir. Uygulanan alan yönündeki spin açısai momentum bileşeni kuantalaşmıştır yani kesikli değerler almaktadır. Spinin yönelişine bağıli olarak $m_s = \pm \frac{1}{2}$ değerini alırken, m_s 'nin alan yönündeki bileşeni $m_s \hbar$ değerini alır.

Açısai kuantum sayısı ℓ olan bir yörüngeinin, manyetik alan yönündeki bileşeni $2\ell + 1$



Şekil 2.1. 3d Elektronlarının yörüngeisel ve spin açısai momentumlarının alabileceğı değerler (Chikazumi 1986)

Atom numarasının (Z)'nin artmasıyla elektron sayısı da artmaktadır. Elektronlar en düşük enerji seviyesinden en yüksek enerji seviyesine doğru kabukları doldururlar ve sırayla 1s, 2s, 2p, 3s, 3p olarak yörüngelere yerleşirler. 3p' den sonra, önce 3d yerine 4s kabuğı doldurulur. Bunun sebebi, 4s yörüngeisinin şekli eliptiktir ve elektronun çekirdeğe olan yakınlığı değişmektedir. Bu yüzden 4s yörüngeisinin enerji seviyesi 3d' den daha düşüktür. Şekil 2.2.' de bir demir atomunda ki 26 elektronun kabukları nasıl doldukları görülmektedir (Brailsford 1964).



Şekil 2.2. Bir demir atomundaki elektron kabukları (Bozorth 1968).

En içteki kabuk 2, sonraki 8, daha sonraki 14 ve en son kabuk 2 elektrona sahiptir. Demir atomunda 15 elektron pozitif spine sahipken, 11 elektron negatif spine sahiptir. Dört tane spin çiftlenmemiş yani negatif spinlerle dengelenmemiştir. Atomdaki bu kalıcı manyetik moment manyetizmanın nedenidir.

3d elektronlarının spin açısal momentumları ve yörüngesel açısal momentumları arasında kuvvetli etkileşmeler olmaktadır. Bu açısal momentum vektörleri \vec{i} . Elektronun m_{si} spin vektörü, i . elektronun $m_{\ell i}$ yörüngesel vektörü, j . elektronun m_{sj} spin ve $m_{\ell j}$ yörüngesel vektörleridir. Her bir elektronun toplam spin vektörüne katkısı spin spin etkileşmesiyle olmaktadır. Toplam spin vektörü,

$$S = \sum_{i=1}^n \vec{m}_{si} \quad (2.4)$$

dir. Benzer olarak toplam yörüngesel vektörü,

$$L = \sum_{i=1}^n \vec{m}_{\ell i} \quad (2.5)$$

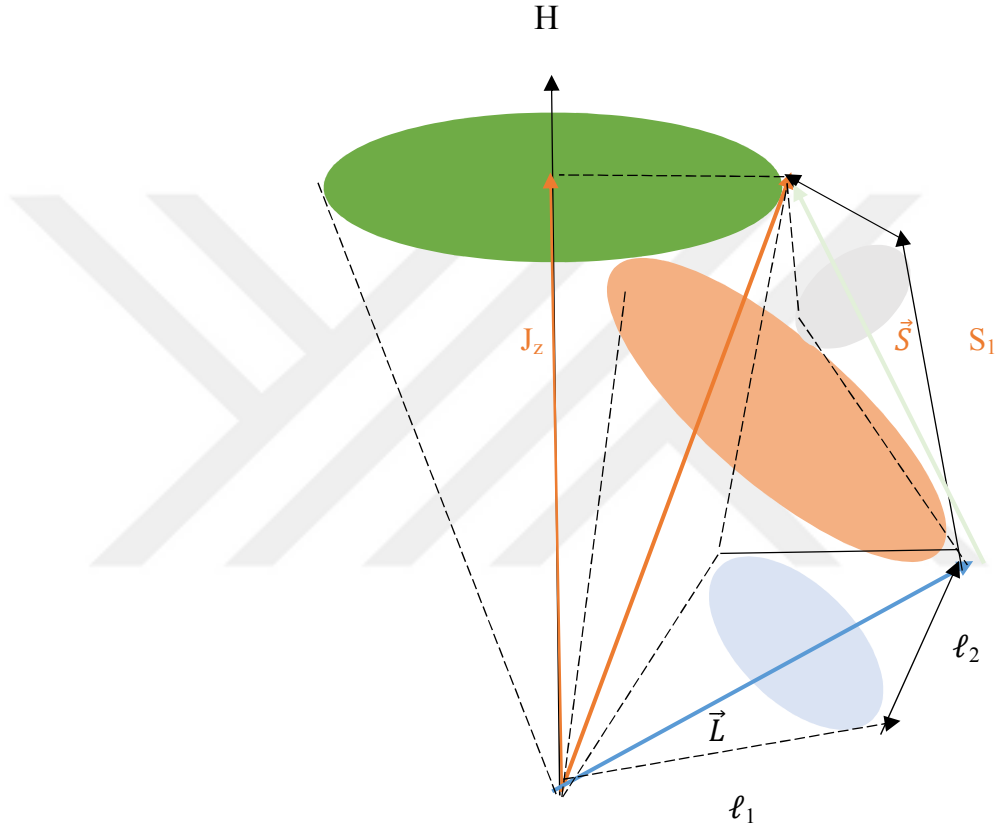
olarak verilir. Böylece spin-yörünge etkileşmesini veren toplam açısal momentum vektörü,

$$\vec{J} = \vec{L} + \vec{S} \quad (2.6)$$

dir. Şekil 2.3.'de gösterilen bu etkileşme Russell-Sounders çiftlenimi olarak bilinir (Chukazumi 1986). Bir elektron spin ve yörüngesel açısal momentuma sahip olduğundan, P_J ,

$$\vec{P}_J = \vec{P}_L + \vec{P}_S \quad (2.7)$$

şeklinde ifade edilir.



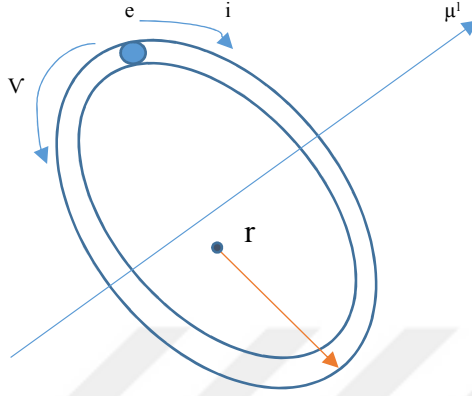
Şekil 2.3. Russell-Sounders çiftlenimi

2.1.2. Elektronların manyetik momentleri

Yörüngesel ve spin olmak üzere elektronun iki hareketi, elektronun yörüngesel ve spin manyetik momente sahip olmasını gerektirir.

Çekirdek etrafında bir elektronun yörüngesel hareketi Şekil 2.4.' de görüldüğü gibi bir akım ilmeğindeki akıma benzetilebilir. Bu hareket nedeniyle bir elektronun sahip olduğu manyetik moment (μ'),

$$\text{Manyetik moment} = (\text{ilmeğin alanı}) \times (\text{akım}) \quad (2.8)$$



Şekil 2.4. Bir akım halkasındaki elektronun hareketi

dir. Manyetik momentin hesaplanabilmesi için yörüngenin şekli ve büyüklüğü ile elektron hızının bilinmesi gerekir. Elektron r yarıçaplı bir yörüngede V hızı ile hareket ediyor, T_e yörünge periyodu, elektronun tam bir turu $2\pi r = V T_e$ yolunu gittiği süre ise, akım elektron yükünün periyoda oranıdır.

$$i = -\frac{e}{T_e} = -\frac{e}{2\pi r/V} = -\frac{eV}{2\pi r} \quad (2.9)$$

$$\mu_\ell = \mu_0 i A = \mu_0 \left(-\frac{eV}{2\pi r}\right) \pi r^2 = -\mu_0 \frac{eVr}{2} \quad (2.10)$$

elde edilir. Burada μ_0 boşluğun manyetik geçirgenliğidir. Açısal momentum,

$$P_\ell = mVr \quad (2.11)$$

olduğuna göre,

$$\mu_\ell = -\frac{\mu_0 e}{2m} P_\ell \quad (2.12)$$

elde edilir. Benzer olarak spinin manyetik momentini,

$$\mu_s = -\frac{\mu_0 e}{m} P_s \quad (2.13)$$

dir. Spinin manyetik momenti, yörüngesel manyetik momentin iki katıdır. Eşitlik (2.2) ve eşitlik (2.3) kullanılarak yörüngesel ve spin manyetik momentleri,

$$\mu_{\ell} = -\sqrt{\ell(\ell + 1)} \frac{\mu_0 e \hbar}{2m} \quad (2.14)$$

$$\mu_s = -\sqrt{s(s + 1)} \frac{\mu_0 e \hbar}{m} \quad (2.15)$$

olarak elde edilir. Burada $\frac{\mu_0 e \hbar}{2m}$ değeri Bohr magnetonu ($\mu_B = 1.165 \times 10^{-29}$ Wb.m) olarak tanımlanır. e nin temel yük birimi olduğu gibi μ_B 'de manyetik momentin temel yük birimidir. Yörüngesel ve spin manyetik momentleri μ_B 'ye bağlı olarak yeniden yazılırsa,

$$\mu_{\ell} = -\sqrt{\ell(\ell + 1)} \mu_B \quad (2.16)$$

$$\mu_s = -\sqrt{s(s + 1)} \mu_B \quad (2.17)$$

olur. Bir elektron sahip olduğu toplam manyetik moment (μ_J),

$$\mu_J = -g \sqrt{J(J + 1)} \mu_B \quad (2.18)$$

olarak verilmektedir. Burada g bir elektron için Lande veya Spektroskopik yarıma faktörüdür ve

$$g = 1 + \frac{J(J+1) + s(s+1) - \ell(\ell+1)}{2J(J+1)} \quad (2.19)$$

dir. Yörüngesel hareket olmadığı durumda ($\ell=0$, $J=s$) g'nin değeri 2 dir. Diğer durumda ($s=0$, $J=\ell$) g'nin değeri 1'dir. Bu sonuç, spin manyetik momentin, yörüngesel manyetik momentten iki kat daha büyük olduğunu gösterir (Cullity 1972).

2.1.3. Manyetik alan

Manyetik alan uzayda birim hacimdeki enerji değişimidir. Bu enerji değişimi, elektrik yüklerinin ivmelenmesi, akım taşıyan bir telde oluşan kuvvet, çubuk mıknatısın bir manyetik momentte oluşturduğu döndürme momenti veya belirli atomlarda elektron spinlerinin yön değiştirmesi gibi etkilere sebep olur.

Manyetik alan, elektron hareketi sonucu oluşmaktadır. Bir iletken üzerindeki elektrik akımı manyetik alan kaynağıdır. Ayrıca manyetik alan sabit bir mıknatısla da

oluşturulabilir. Bu durumda elektrik akımı yoktur. Fakat sabit mıknatısın içindeki elektronların yörüngesel ve spin hareketleri vardır. Manyetik alan, hem akım taşıyan bir iletkende hem de sabit bir mıknatısla bir kuvvet oluşturmaktadır (Jiles 1991).

2.1.4. Manyetik alan şiddeti

Manyetik alan şiddeti (H), birim uzunlukta bir iletkenin geçen akımıdır ve yalnızca kendisini üreten akımın büyüklüğü ile orantılıdır. Ortamdan bağımsız olduğu için manyetik alan ve manyetik akı yoğunluğu (indüksiyon) arasındaki ayrımı belirler. Manyetik alan şiddeti Biot-Savart ve Amper Devre yasası kullanılarak hesaplanır.

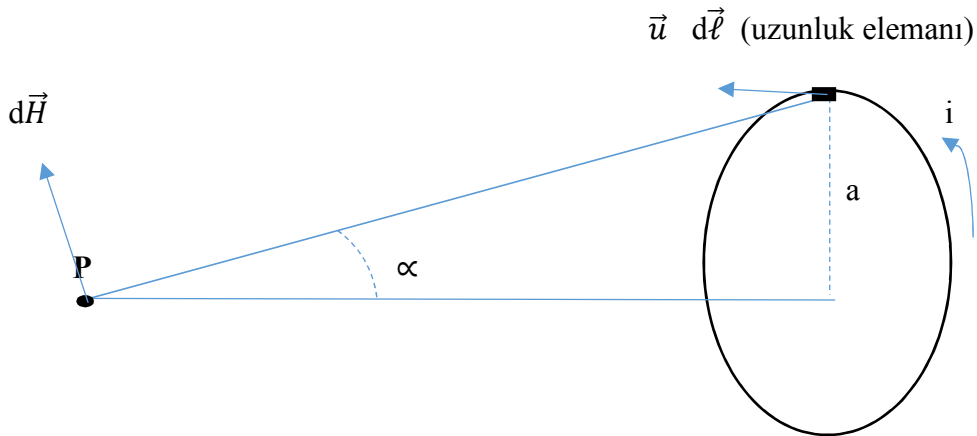
2.1.4.1. Biot-Savart yasası

Biot-Savart yasası, elektrik akımıyla üretilen manyetik alanın hesaplanmasını sağlayan temel elektromanyetik yasalardan biridir. Şekil 2.5.'de gösterilen, I akımı taşıyan, a yarıçaplı bir sarımlı bir bobinin merkezinden x kadar uzaklıktaki bir P noktasındaki manyetik alan, Biot-Savart yasasına göre şu şekilde hesaplanır.

$$d\vec{H} = \frac{1}{4\pi r^2} i d\vec{\ell} \times \vec{u} \quad (2.20)$$

$$d\vec{H} = \frac{1}{4\pi r^2} (\sin^2 \alpha) i d\vec{\ell} \times \vec{u} \quad (2.21)$$

P noktasında $d\vec{\ell}$ uzunluk elemanının oluşturduğu manyetik alan şiddeti.



Şekil 2.5. Elektrik akımı taşıyan tek sarımlı bobinin manyetik alanı

2.1.4.2. Amper devre yasası

Amper devre yasasına göre manyetik alan, akım ve akımın iletkende dolaştığı yol ile hesaplanmaktadır. Akımın dolaştığı bu yol sonsuz sayıda akım elemanından meydana gelmekte ve her birinin katkısı toplam manyetik alanı oluşturmaktadır. Buna göre Amper yasası;

$$Ni = \oint \vec{H} \cdot d\vec{\ell} \quad (2.22)$$

şeklinde verilmektedir. N akım taşıyan tellerin sayısıdır (sarımlar sayısı). Ayrıca Amper devre yasası kararlı akımlar için Biot-Savart yasasına eşittir.

2.1.5. Manyetik akı yoğunluğu

Akımla bir ortamda manyetik alan oluşturulduğu zaman ortamın tepkisi manyetik akı yoğunluğudur (\vec{B}). Manyetik alan uzayda nerede varsa orada manyetik akı (Φ) var demektir. 1 metrekarede 1 Weber'lik manyetik akının oluşturduğu manyetik akı yoğunluğu 1 Tesla'dır.

Manyetik indüksiyon ile manyetik alan arasındaki ilişki, ortamın manyetik geçirgenliği (μ) olarak isimlendirilir. Bir çok ortamda \vec{B} , \vec{H} 'nin doğrusal fonksiyonudur. Boşluk için manyetik alanla manyetik indüksiyon arasındaki bağıntı,

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} \quad (2.23)$$

şeklinindedir. Burada μ_0 boşluğun manyetik geçirgenliği olup değeri $4\pi \times 10^{-7}$ H/m'dir. Eğer \vec{B} 'nin değeri biliniyorsa \vec{H} 'nin değeri bu bağıntıdan hesaplanabilir. Fakat ferromanyetik maddelerde \vec{B} , \vec{H} 'nin doğrusal bir fonksiyonu değildir ve ortamın manyetik geçirgenliği manyetik indüksiyonla değişmektedir. Bu yüzden bir ferromanyetik maddenin B-H eğrisi o madde hakkında birçok bilgi vermektedir. Ferromanyetik maddelerde \vec{B} ve \vec{H} arasındaki bağıntı,

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \quad (2.24)$$

ile verilir. Burada μ ortamın manyetik geçirgenliği olup manyetik indüksiyon ve akı, Faraday ve Lenz yasaları yardımıyla hesaplanır.

2.1.5.1. Faraday ve Lenz yasaları

Faraday yasasına göre, Bir devrede indüklenen gerilim (V), devredeki manyetik akının zamanla değişimi ile orantılıdır ve aşağıdaki gibi verilir.

$$V(t) = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (2.25)$$

burada ϕ , N sarımlı bobinden geçen manyetik akı, $d\phi/dt$ ise akının zamanla değişim miktarıdır. Eşitlik (2.25)' deki eksi işareti Lenz yasası ile açıklanır ve bu yasaya göre, indüklenen gerilim kendisini üreten akıya zıt yöndedir. Manyetik akı yoğunluğu ile akı arasındaki değişimi,

$$B = \frac{\phi}{A} \quad (2.26)$$

şeklindedir. Burada A kesit alanıdır. Böylece indüklenen gerilim,

$$V(t) = -NA \frac{dB}{dt} \quad (2.27)$$

olarak yeniden yazılabilir.

2.1.6. Manyetik Maddelerin Sınıflandırılması

Manyetik alan tarafından az veya çok mıknatıslanabilen maddelere manyetik maddeler denir. Bu maddeler manyetik özelliklerine bağlı olarak başlıca diamanyetik, paramanyetik ve ferromanyetik madde diye sınıflandırılırlar (Chikazumi 1986).

2.1.6.1. B,H ve M arasındaki ilişki

\vec{M} mıknatıslanmayı göstermek üzere, \vec{B} , \vec{H} ve \vec{M} arasındaki ilişki,

$$\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{M}) \quad (2.28)$$

$$\vec{B} = \mu_0\vec{H} + \mu_0\vec{M} \quad (2.29)$$

ile verilir. \vec{M} mıknatıslanması sıfırlanmış veya hiç mıknatıslanmamış bir ferromanyetik madde için sıfırdır. Bir manyetik maddenin mıknatıslanma yeteneği olarak tanımlanan ve χ ile gösterilen alınganlık;

$$\chi = \frac{\vec{M}}{\vec{H}} \quad (2.30)$$

şeklinde ifade edilir. Bir ortamın manyetik geçirgenliğinin, boşluğun manyetik geçirgenliğine oranı ise bağıl geçirgenlik olarak tanımlanmaktadır ve

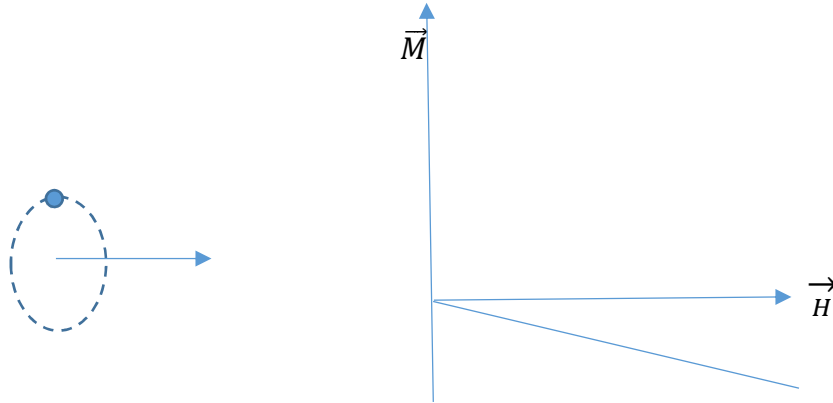
$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad (2.31)$$

şeklinde ifade edilir. Bağıl manyetik geçirgenlik ile alınganlık arasında aşağıdaki bağıntı vardır (Jiles 1991).

$$\mu_r = 1 + \chi \quad (2.32)$$

2.1.6.2. Diamanyetik maddeler

Diamanyetik maddeler, Şekil 2.6.'da görüldüğü gibi uygulanan manyetik alana ters yönde mıknatıslanma gösterirler. Alınganlıkları negatif ve yaklaşık 10^{-5} büyüklüğündedir. Bu mıknatıslanmanın temeli, maddeye dış bir manyetik alan uygulandığında manyetik olarak indüklenen elektronların çekirdek etrafındaki yörüngesel hareketidir. Lenz kanununa göre akım dış manyetik alandaki değişmelere zıt bir manyetik akı üretir. Dia manyetik maddelere bakır, altın, bizmut ve berilyum örnek olarak verilebilir (Chikazumi 1986)

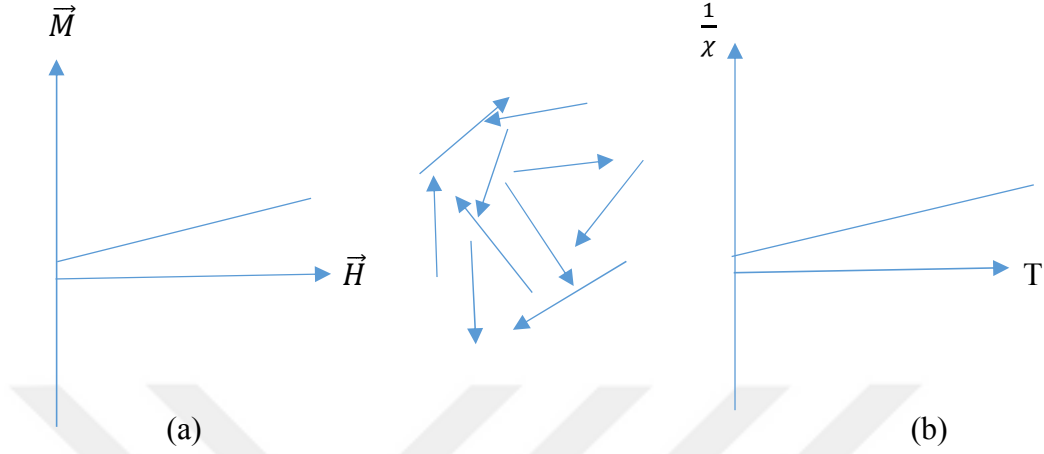


Şekil 2.6. Diamanyetizma

2.1.6.3. Paramanyetik maddeler

Paramanyetik maddelerde alınganlığın büyüklüğü 10^{-3} ile 10^{-5} arasındadır. Paramanyetik maddedeki spinler yönlerini kolayca değiştirebilirler. Spinler sıcaklıkla uyarıldığında gelişigüzel yönelimler alırlar. Dış bir manyetik alan uygulanmasıyla, spinlerin ortalama yönelimi yavaşça değişir. Böylece Şekil 2.7a' da gösterildiği gibi

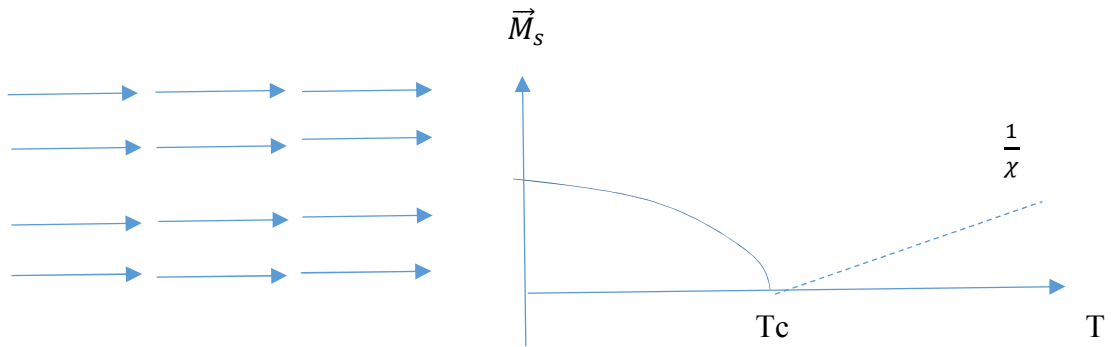
uygulanan manyetik alana paralel zayıf bir mıknatıslanma gösterirler. Bu durumda alınganlık, sıcaklıkla ters orantılıdır (Şekil 2.7b). Alüminyum, platin ve manganez paramanyetik maddelerdir (Chikazumi 1986).



Şekil 2.7. Paramanyetizma

2.1.6.4. Ferromanyetik maddeler

Ferromanyetik maddelerde spinler birbirine paralel yönelmiştir. Böylece komşu spinler arasında kuvvetli bir etkileşme vardır. Bu kuvvetli etkileşme, ferromanyetik maddeyi kendiliğinden, doyum mıknatıslanması değerine ulaştırmıştır. Sıcaklıkla spin düzeni uyarılmaktadır. Şekil 2.8.' de gösterildiği gibi mıknatıslanma sıcaklığın artmasıyla azalır ve belli bir sıcaklık değerinde sıfır olur. Bu sıcaklığa Curie sıcaklığı (T_c) denilmektedir. Bu sıcaklıktan sonra mıknatıslanma tekrar artar ve madde paramanyetik özellik gösterir.



Şekil 2.8. Ferromanyetizma

Ferromanyetik maddeler alınganlığı diamanyetik ve paramanyetik maddelerin alınganlığından çok fazladır ve büyüklüğü 50 - 100.000 arasındadır. Bu maddelere demir, nikel ve kobalt örnek olarak verilebilir (Chikazumi 1986).

2.1.7. Ferromanyetik maddelerin manyetik özellikleri

Manyetik maddelerin en önemlisi ferromanyetik maddelerdir. Bu maddelerin uygulama alanları çok çeşitlidir. En önemli özellikleri, kararlı manyetik alanlarla elde edilen kuvvetli manyetik indüksiyon, yüksek geçirgenlik ve artık mıknatıslanmadır.

2.1.7.1. Geçirgenlik ve artık mıknatıslanma

Ferromanyetik maddelerin en önemli özelliği yüksek geçirgenliğe sahip olmalarıdır. Bu maddelerin geçirgenliği manyetik akı yoğunluğunun fonksiyonudur. Bir ferromanyetik maddenin özelliklerini belirlemek için manyetik alanın sürekli olduğu bir aralıkta, manyetik alanın fonksiyonu olarak manyetik akı yoğunluğunu ölçmek histeresis eğrisini elde etmek için önemlidir. Ferromanyetik maddeler için başlangıç geçirgenliği 10^3 - 10^5 arasındadır. En yüksek değer permalloy ve süpermalloy gibi Ni-Fe alaşımlarında elde edilir.

Ferromanyetik maddeler bir manyetik alana konulduğunda mıknatıslanmaktadır. Manyetik alan kaldırılrsa bile maddede artık mıknatıslanma kalır. Artık mıknatıslanma ferromanyetik maddelere ait bir özelliktir.

2.1.7.2. Histeresis eğrisi ve özellikleri

Ferromanyetik maddelerin manyetik özelliklerini belirlemenin en kolay yolu manyetik akı yoğunluğunun manyetik alanla değişimini çizmektir. Diğer bir seçenek ise manyetik akı yoğunluğu yerine mıknatıslanmayı kullanmaktır.

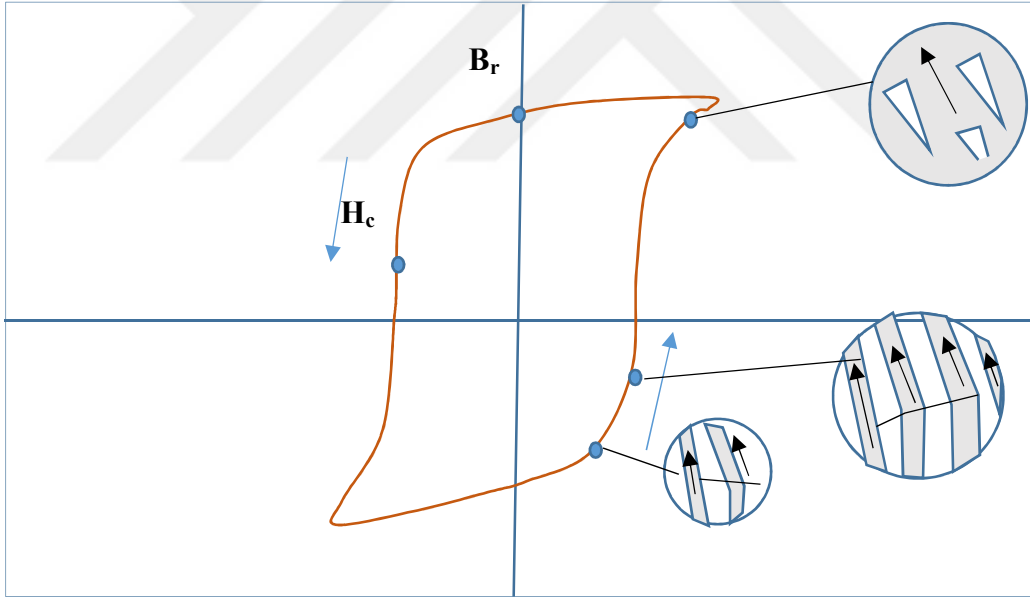
Ferromanyetik maddelerin uygulama için elverişliliği, temel olarak oluşturdıkları histeresiz eğrisinin gösterdiği özelliklerden belirlenmektedir. Örneğin, transformatör çekirdekleri için yüksek geçirgenlik ve düşük histeresiz kaybının olması gerekir. Bu sayede elektrik enerjisinin dönüşümü daha verimli olmaktadır.

Şekil 2.9.'daki, mıknatıslanmayla domainlerin şeklinde meydana gelen değişiklikleri gösterilen histeresiz eğrisi, ferromanyetik maddelerin manyetik özelliklerini belirler (Bertoti 1998). Bu manyetik özellikler manyetik doyum (\vec{M}_s), artık manyetik

indüksiyon (\vec{B}_r) ve sıfırlayıcı alan (\vec{H}_c)'dir. Maddenin hiç mıknatıslanmadığını veya mıknatıslanmanın sıfırlandığı durumda maddeye uygulanan manyetik alan aynı yönde bir manyetik akı yoğunluğuna sebep olur. Manyetik alan arttırılmaya devam edilirse madde doyuma ulaşır ve madde manyetik olarak ulaşabileceği en üst noktaya gelir. Bu durumda madde içindeki tüm manyetik momentler manyetik alanın yönünde yönelmişlerdir. Manyetik doyum sadece atomik manyetik atomların büyüklüğüne ve birim hacimdeki atom sayısına bağlıdır. Yani manyetik doyum,

$$\vec{M} = N_V \vec{\mu}^l \quad (2.33)$$

şeklinde ifade edilir. Herhangi bir sıcaklıktaki doyum mıknatıslanması (\vec{M}_s) her ferromanyetik madde için farklı olabilir ve maddenin yapısına duyarlıdır. Bazı ferromanyetik maddeler için oda sıcaklığındaki doyum mıknatıslanması değerleri Tablo 2.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Histeresiz eğrisi ve domainlerin durumu

Histeresiz eğrisini açıklamak için birçok matematiksel model vardır. Bu modellerin çoğu statik histeresiz modellerinden türetilmiştir. Statik histeresiz, madde doğru akımla veya sıfıra yakın frekanslarda mıknatıslandığında ortaya çıkar. Jiles dinamik histeresiz modeli (Jiles 1993), yine kendisi tarafından geliştirilen statik modele dayanır (jiles 1986). Hodgdon'sun dinamik histeresiz modeli (Hodgdon 1988), Coleman

statik modelinden türetilmiştir (Coleman 1986). Mayergoyz (Mayergoyz 1988) ve Bernotti (Bernotti 1992) dinamik modelleri ise statik Preisach modeline dayanmaktadır. Preisach modeli, domain duvarı hareketlerinin matematiksel ifadesidir (Bue 1996). Bu modellerde histeresiz eğrisi değişik manyetik madde gruplarına uygulanarak histeresiz eğrisi kuramsal olarak tanımlanmaya ve genel ifade elde edilmeye çalışılmıştır (Dupre 2000).

2.1.8. Ferromanyetik maddelerin sınıflandırılması

Ferromanyetik maddeler, sıfırlayıcı alana göre sınıflandırılırlar. Sıfırlayıcı alan madde yapısına duyarlı bir manyetik özelliktir. Farklı sıcaklık ve mekanik işlemler altında maddenin sıfırlayıcı alanı değişebilir. Ancak doyum mıknatıslanması bu olaylarla değişmez. Ferromanyetik maddeler sert ve yumuşak olmak üzere ikiye ayrılırlar. Manyetik olarak sert maddelerin sıfırlayıcı alanı 10 kA/m'in üzerinde, yumuşak maddelerin ise 1 kA/m'in altındadır. Yumuşak manyetik maddeler elektromıknatıslarda, motorlarda, transformatör ve rölelerin çekirdeklerinde, sert manyetik maddeler ise manyetik kayıp ortamlarında ve jeneratörlerde kullanılmaktadır.

Çizelge 2.1. Bazı ferromanyetik maddelerin oda sıcaklığındaki doyum mıknatıslanma değerleri

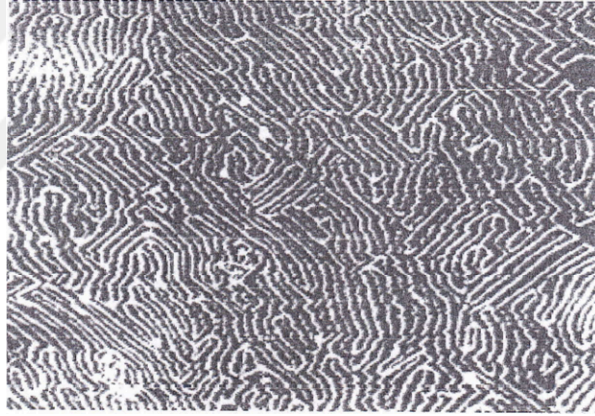
Madde	$M_s(10^6 \text{ A/m})$
Demir	1.72
Kobalt	1.42
Nikel	0.48
Permalloy(%78 Ni, %22 Fe)	0.86
Supermalloy(%80 Ni, %15Fe, %5 Mo)	0.63
Metglas 2605 (%80 Fe, %20 B)	1.27
Metglas 2615(%80Fe, %16 P, %3 C,%1 B)	1,36
Permendur (%50 Co, %50 Fe)	1.91

2.2. Elektrik Çelikleri

Elektrik çelikleri, grainleri yönlendirilmemiş ve yönlendirilmiş olarak iki çeşit üretilir.

2.2.1. Yönlendirilmemiş elektrik çelikleri

Aynı doğrultuda yönelmiş bir grup domainin oluşturduğu bölgeye grain (bölgesel kristal) denilmektedir. Grainlerin yönelimi normal koşullarda her yönde olabilir. Üretim aşamasında çeşitli tekniklerde grainlerin yönleri kontrol edilebilir. Grainlerin yönleri kontrol edilmeden üretilen çeliklere yönlendirilmemiş elektrik çelikleri denir. Şekil 2.10.'da yönlendirilmemiş elektrik çeliğindeki domain yapısı görülmektedir (Derebaşı 1996). Her yönde aynı manyetik özelliği gösterirler. Yani izotropiktirler. Bu tip elektrik çeliği kullanılan makinelerde güç kayıpları fazladır. Manyetik geçirgenlikleri düşük fakat ekonomiktirler. Genellikle motor, jeneratör ve lamba balanslarında kullanılırlar.

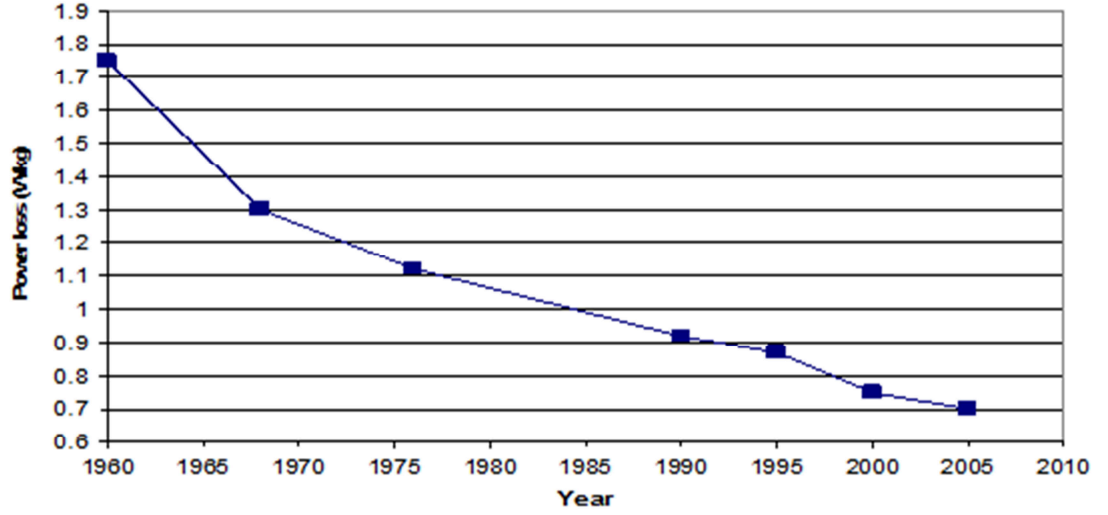


Şekil 2.10. Yönlendirilmemiş elektrik çeliğinin domain yapısı

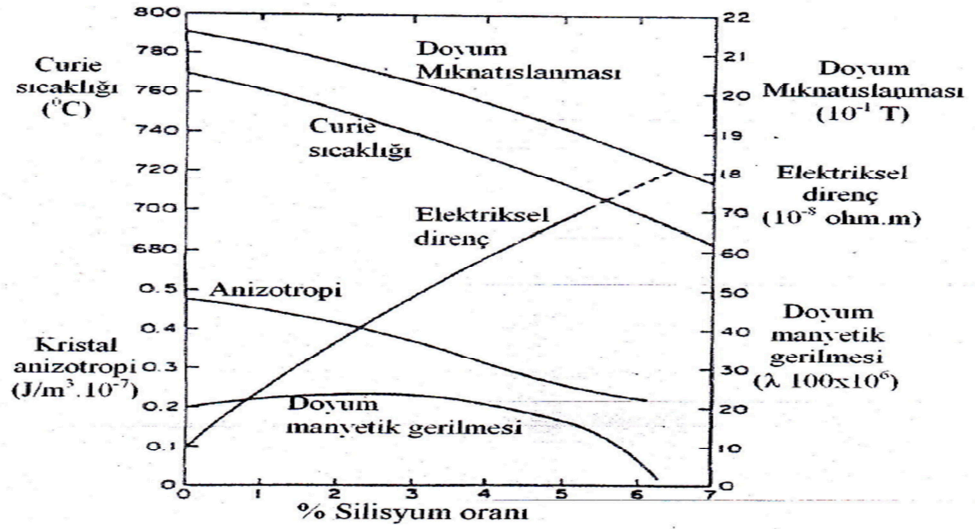
2.2.2. Elektrik çeliklerine silisyumun etkisi

Demirin içine silisyum katkısı demirin elektriksel direncini arttırmakta, manyetik gerilmeyi azaltmaktadır. % 3 Silisyum katkılı çeliğin elektriksel direnci normal çeliğe göre 4 kat fazladır. Çelikte kullanılan silisyum manyetik bir madde olmadığından zamanla maddenin manyetik özelliklerinde bozulmaya sebep olur. % 5'ten fazla silisyum katkısı çeliği kırılğan hale getirmekte, alaşımın doyum mıknatıslanmasını

azaltmaktadır. Şekil 2.12.'de silisyumun manyetik maddeye etkileri görülmektedir (Jiles 1991).



Şekil 2.11. Yıllara göre güç kaybındaki değişim



Şekil 2.12. Silisyum yüzdesinin maddenin manyetik özelliklerine etkisi

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Deneysel Örneklerin Hazırlanmasında Kullanılan Lazer Kesim Makinesi

Lazer kesimin manyetik indüksiyona etkisini araştırmak için yönlendirilmemiş % 3 Si (Silisyum) katkılı elektrik çeliğimizi TRUMPF marka Trumatic L 2530 model lazer kesim makinası kullanarak örneklerimizi hazırladık. Bu kullandığımız makinanın teknik özellikleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 3.1. Lazer kesim makinasının teknik özellikleri

TEKNİK ÖZELLİKLER	
İmalat yılı	2000
Markası	Trumpf
Modeli	Trumatic L 2530
CNC Kontrol	Siemens Sinumerik 840 D
Çalışma Alanı XxYxZ	2500x1250x115
Lazer-Tipi	CO2 TLF 2400 turbo
Lazer Çıkışı (Watt)	120-2400
Maks. Çalışabilecek Ağırlık (kg)	500
Maks. Meteryal Kalınlığı (Yumuşak Metal) [mm]	15
Maks. Meteryal Kalınlığı (Paslanmaz) [mm]	6
Maks. Meteryal Kalınlığı (Aliminyum) [mm]	5
Lazer Gazı Tüketim Değerleri	CO ₂ -1,0m ³ /saat;N ₂ -6,0 m ³ /saat; He-13,0 m ³ /saat
Sıkıştırılmış Hava Tüketimi	7-9 bar, 43 m ³ /saat, 720- 1 / dk
Elektrik Bağlantısı	24-51 kW / 63 kVA / 400 W (± 10%) / 50Hz (± 1%) / 3 Phase
Gerekli uzunluk / genişlik / yükseklik	
Boşluğu [mm]	6500/5400/2000
Sistem Ağırlığı (kg)	6500



Şekil 3.1. lazer kesim makinası genel görünüşü

3.2. Deneysel Örneklerin Hazırlanmasında Kullanılan Su Jeti Makinesi

Su kesiminin manyetik indüksiyona etkisini araştırmak için yönlendirilmemiş % 3 Si (Silisyum) katkılı elektrik çeliğimizi FLOW marka 7X A6 model SU JETİ makinası kullanarak örneklerimizi hazırladık. Bu kullandığımız makinanın teknik özellikleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 3.2. Su kesim makinasının genel teknik özellikleri

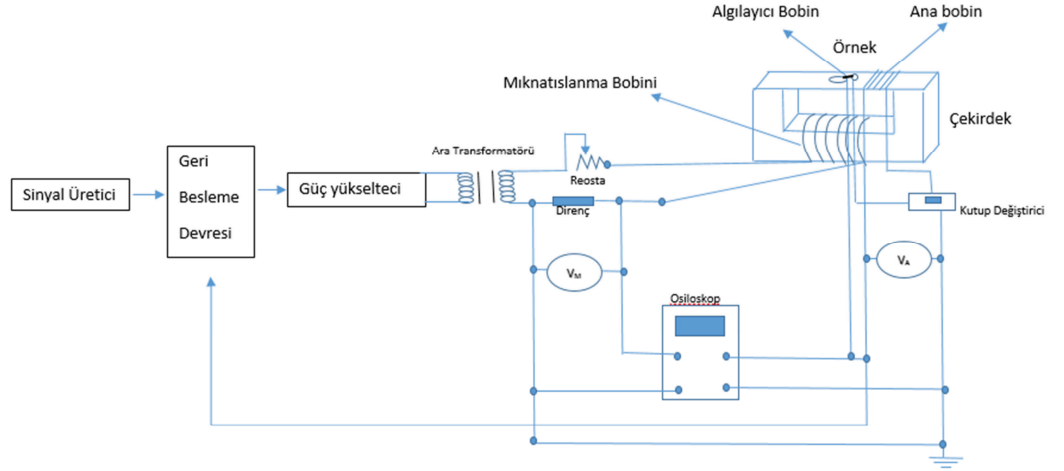
TEKNİK ÖZELLİKLER

Doğrusal Pozisyon Kesinliği	+/- 0,127 mm/m
Maks. Hız	10 m/dk
Tekrarlanabilirlik	+/- 0,050 mm
Köprü ölçüleri	1,3 m – 2 m
Taban ölçüleri	1,3 m – 4 m
Pompa Gücü	50 Hp
Pompa Çıkış Basıncı	4150 bar
Pompa Debisi	3,8 lt / dk
Depo Kapasitesi	500 lt
Yazılım	FlowPath
Uzunluk/Genişlik/Yükseklik	3074 mm / 2521 mm / 2184 mm
Elektrik Girişleri	380 V / 3 Faz
Sistem Ağırlığı	6350 kg



Şekil 3.2. Su kesim makinasının genel görünüşü

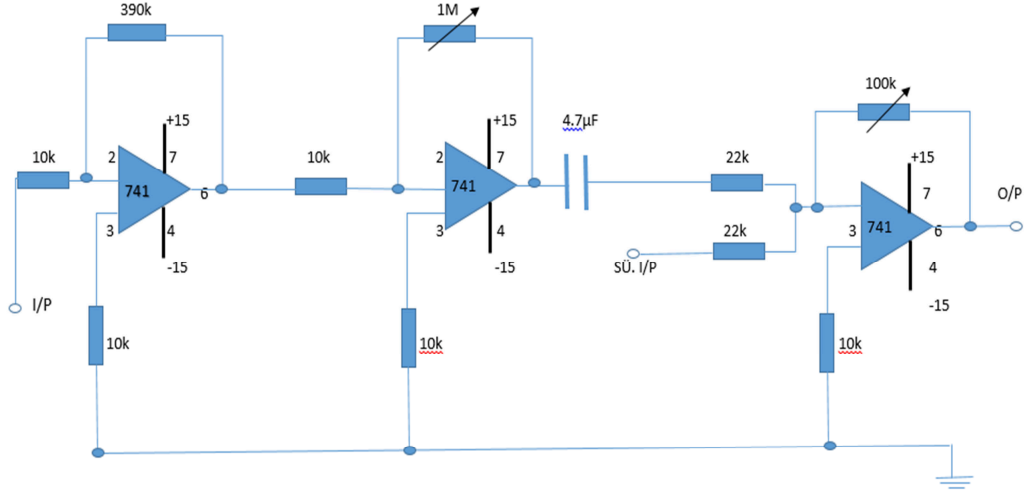
3.3. Ölçme Devresi



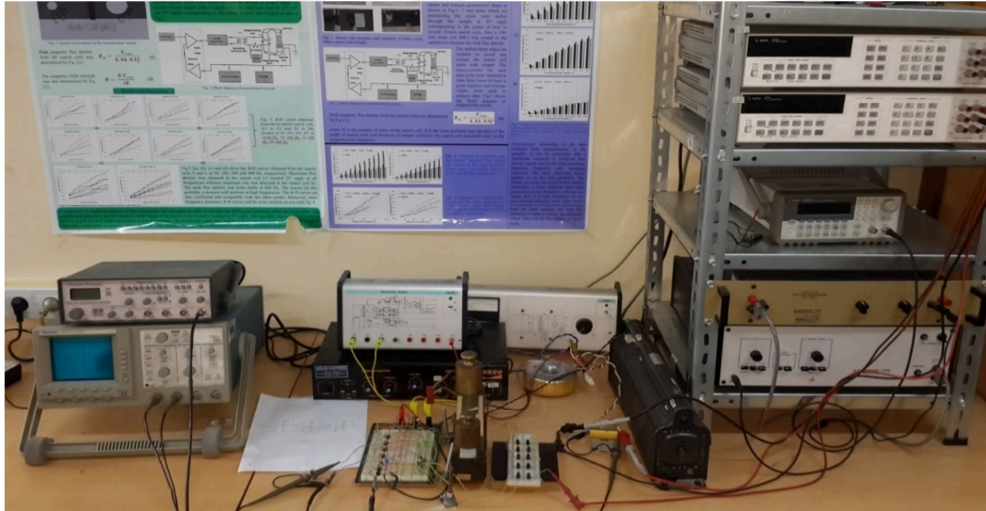
Şekil 3.3. Ölçme devre şeması

Şekil 3.3.'deki ölçme devre şemasında mıknatıslanma bobininde akımı oluşturmak için Agilent 33250A marka sinyal üretici kullanılmıştır. Mıknatıslanma gerilimi (V_M (0.51 ± 0.01) Ω ve 50 W değerindeki direnç üzerinden) ve algılayıcı bobinde indüklenen gerilim (V_A), Thurlby 1503 ve Keithley 2400 marka voltmetreler ile ölçülmüştür. Direnç üzerinde düşen gerilim (V_M) ve algılayıcı bobinden indüklenen gerilim (V_A) aynı zamanda Tektronix TAS 475 marka osiloskopta görüntülenerek, dalga şekillerini bozduğu için ölçüler alınırken dalga şekillerinin sinüs olmasına dikkat edilmiştir. Bu harmonik bileşenler ölçme hatasına sebep olduğu için, sinyal üreticiden gönderilen sinyal ile algılayıcı bobinden alınan çıkış sinyali ölçme devresine ilave edilen geri besleme devresine (Şekil 3.4.) gönderilir. Geri besleme devresi, bu iki

sinyali toplar ve sonuçta bozulmaları en aza indirir. Ölçme devresinde bulunan ara transformatör (200 W değerinde), güç yükseltici ile mıknatıslanma devresi arasındaki empedansı dengeler ve güç yükselticiden gelebilecek DC gerilimi engeller (Derebaşı 1994).

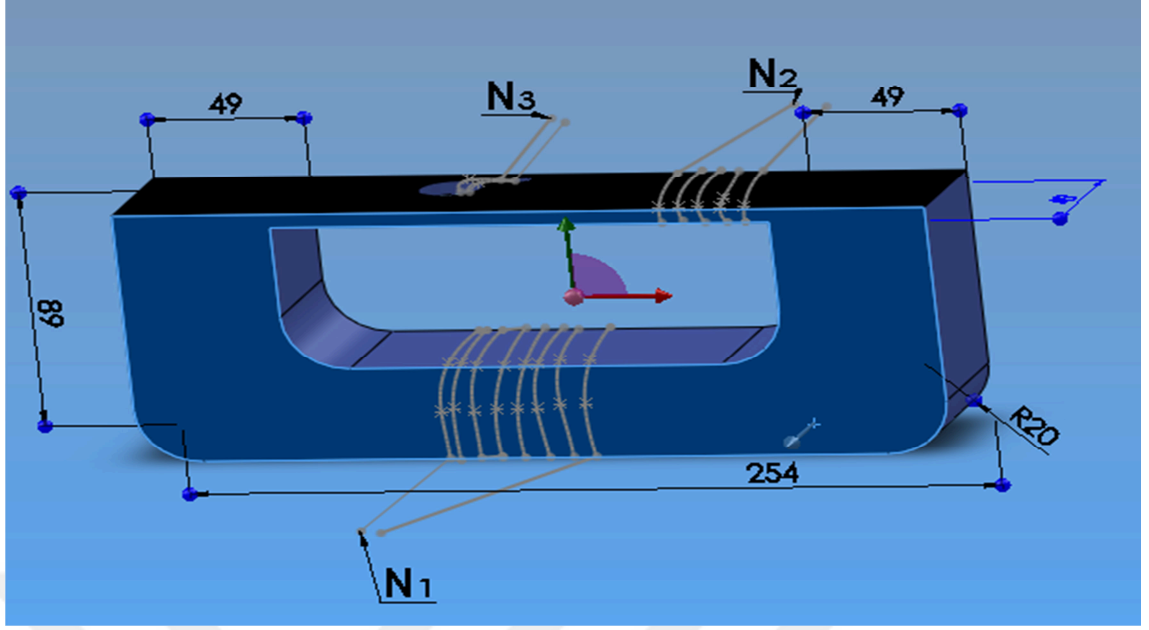


Şekil 3.4. Geri besleme devre şeması (Derebaşı, 1994)



Şekil 3.5. Deney düzeneği ve kullandığımız laboratuvar aletleri genel görünüşü

Ölçme devresindeki U-şeklindeki çekirdek, yönlendirilmemiş elektrik çeliği (N530) levhalarının sıkıştırılmasıyla oluşturulmuştur. Çekirdeğin şekli Şekil 3.6.'da verilmiştir. Burada $a=254$ mm, $b=89$ mm ve $c=49$ mm'dir. N_1 mıknatıslanma bobininin (178 sarım), N_2 (100 sarım) ve N_3 (10 sarım) ise algılayıcı bobinlerin sarım sayısıdır. Çekirdeğin üzerindeki ortalama akı yolunun uzunluğu ℓ_{ort} ile verilir ($\ell_{ort}=312$ mm).



Şekil 3.6. Çekirdeğin şekli ve boyutları (Solidworks çizim programı ile çizimi)

Tüm cihazlar, gürültü ve okuma hatalarını engellemek üzere birbirlerine yakın olacak şekilde yerleştirilmiştir. Ayrıca kayıpları engellemek için kısa ve bükülmüş bağlantı kabloları kullanılmıştır (Derebaşı ve ark. 2000).

3.3.1. Çekirdekte manyetik büyüklüklerin hesaplanması

Genel bir mıknatıslanma devresinde çekirdek bobinimize uyguladığımız gerilimin yarattığı (i) akımı ve akımın meydana getirdiği (H) manyetik alan şiddeti ile Faraday yasasına göre incelediğimiz deneysel örneğin algılayıcı bobininde (H) manyetik alan şiddetinden dolayı indüklenen gerilimin yarattığı (B) manyetik akı yoğunluğu hesaplayabilmekteyiz.

O halde çekirdeğe uyguladığımız manyetik akımın zamana bağlı bir sinüs fonksiyonu olarak yazarsak;

$$B(t) = \sum_{n=1} a_n \sin(n\omega t + \varphi_n) \quad (3.1)$$

Şeklinde ifade edebiliriz. Burada herhangi bir $t=t'$ anında B'nin tepe değeri aldığını varsayarsak;

$$B(t') = B_m = \sum_{n=1} a_n \sin(n\omega t' + \varphi_n) \quad (3.2)$$

şeklini alır. Yarım periyot sonra manyetik akı değerlerine baktığımızda ($t = \frac{\pi}{\omega} = \frac{1}{2f}$)

$$B\left(t' + \frac{\pi}{\omega}\right) = \sum_{n=1} a_n \sin(n\pi + n\omega t' + \varphi_n) \quad (3.3)$$

olur. n'nin tek sayı olması halinde,

$$B\left(t' + \frac{\pi}{\omega}\right) = -B(t') \quad (3.4)$$

olmaktadır. Böylece Eşitlik (3.1) ana frekansın yarım periyotlarında negatif ve pozitif en büyük değerleri almadığını görmekteyiz. Bunun yanında Faraday yasasına göre,

$$V_t = -\frac{d\Phi}{dt} = -A \frac{dB}{dt} \quad (\Phi = B \cdot A) \quad (3.5)$$

Olur. Burada (A) manyetik akının geçtiği yüzey alanıdır. O halde Eşitlik (3.1)'in zamana göre türevini alırsak;

$$\frac{dB}{dt} = \sum_{n=1} a_n n\omega \cos(n\omega t + \varphi_n) \quad (3.6)$$

olmaktadır ve $t=t' + \frac{n\pi}{\omega}$ 'da Eşitlik (3.6)'nın değeri sıfır olur. Böylece $\frac{dB}{dt}$ 'nin ana frekansın yarım periyodu üzerinden ortalama değeri alınırsa,

$$\left(\frac{dB}{dt}\right)_{ort} = \frac{\omega}{\pi} \int_{t'}^{t'+\frac{\pi}{\omega}} \sum_{n=1} a_n n\omega \cos(n\omega t + \varphi_n) dt \quad (3.7)$$

elde edilir ve bu integralin sonucu,

$$\left(\frac{dB}{dt}\right)_{ort} = \frac{\omega}{\pi} \sum_{n=1} a_n [\sin(n\omega t' + \varphi_n) - \sin(n\pi + n\omega t' + \varphi_n)] \quad (3.8)$$

olmaktadır. Buradan,

$$\left(\frac{dB}{dt}\right)_{ort} = \frac{2\omega}{\pi} \sum_{n=1} a_n \sin(n\omega t' + \varphi_n) \quad (3.9)$$

şeklini alır. Eşitlik (3.1), Eşitlik (3.9)'da yerine konduğunda,

$$B_m = \frac{\pi}{2\omega} \left(\frac{dB}{dt}\right)_{ort} \quad (3.10)$$

elde edilir. Algılayıcı bobininde indüklenen gerilim $\left[V = -NA \left(\frac{dB}{dt}\right)\right]$ ve açısal frekans ($\omega=2\pi f$) ifadeleri Eşitlik (3.10)'da yerine konulursa,

$$B_m = \frac{V_{ort}}{4N_2 A f} \quad (3.11)$$

şeklini alır. $V_{ort} = \frac{2}{\pi} V_p$ ve $V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$ (V_p , tepe değeri olmak üzere) ifadeleri Eşitlik (3.11)'de yerine konursa,

$$B_m = \frac{V_{rms}}{4.44N_2Af} \quad (3.12)$$

olur. Burada V_{rms} , algılayıcı bobininden indüklenen gerilimin rms değeri ve N_2 ise algılayıcı bobininin sarım sayısıdır (Beckley 2000). Eşitlik (3.11) ve (3.12), çıkış sinyalinin dalga şekli sinüs olduğunda geçerlidir. Eğer sinyalde bir bozulma meydana gelirse, sinyalin harmonikleri oluşmaya başlar. Bu durumda Eşitlik (3.11) ve (3.12) kullanıldığında ölçüm hatası artar.

Amper yasasına göre kapalı bir yol boyunca N sarımdan geçen akım,

$$Ni = \oint \vec{H} \cdot d\vec{\ell} \quad (3.13)$$

şeklinde verilmektedir. Akım sinüs eğrisi şeklinde ise,

$$i(t) = i_m \sin(\omega t + \varphi) \quad (3.14)$$

şeklinindedir. Manyetik alan kapalı yol boyunca düzgün ise H integral dışına alınabilir.

$$Ni_m = H_m \ell_{ort} \quad (3.15)$$

$$H_m = \frac{N_1 i_m}{\ell_{ort}} \quad (3.16)$$

Burada H_m çekirdeğin oluşturduğu manyetik alan şiddetinin en büyük değeri (A/m), N_1 mıknatıslanma bobininin sarım sayısı, i_m akımın en büyük değeri ve ℓ_{ort} (m) çekirdek üzerinde akımın aldığı ortalama yoldur.

3.3.2. Ölçme devresini çalışma özellikleri

Şekil 3.3.'de gördüğümüz gibi sinyal üreticimizden üretilen sinyal, algılayıcı bobinimizden alınan çıkış sinyali Şekil 3.4.'teki geri besleme devresine gönderilir. Geri besleme devresinde bu iki sinyal toplanır ve sinyal bozulmaları en aza indirilir. Ara transformatörün 1. Sargısı güç yükselticinde yükseltilen bu sinyal ile beslenir. Bu esnada Faraday yasasına göre ara transformatörün 2. sargısında indüklenen gerilim ile çekirdeğin mıknatıslanma bobini enerjilenir.

Eşitlik (3.16) ile çekirdeğin mıknatıslanma bobininin oluşturduğu manyetik alan hesaplanır. Mıknatıslanma devresinin akım şiddeti direnç üzerine düşen (V_M) geriliminden hesaplanır. Deney örneklerimizin üzerlerinde bulunan algılayıcı bobinlerin her birinde indüklenen gerilimler (V_A) ölçülür. Bu algılayıcı bobinlerde oluşan manyetik akı ayrı ayrı Eşitlik (3.12) kullanılarak hesaplanır. Ayrıca osiloskop yardımıyla da ölçülen gerilimlerin dalga şekilleri gözlemlenerek sinüs dalga şeklinin dışına çıkmamasına dikkat edilir.

3.3.3. Ölçüm siteminde üzerinde araştırma yapılan örnekler

Bu çalışmamızdaki amaç elektrik çeliklerinde çeşitli kesim şekillerinde ve yapısında açılan farklı geometrik şekillere göre manyetik akının elektrik çeliğindeki davranışının incelenmesidir. Bu nedenle örneklerde kullandığımız % 3 silisyum katkılı yönlendirilmemiş elektrik çeliğini lazer ve su jeti yardımıyla çeşitli ölçülerde ve farklı geometrik yapılarda keserek toplam 8 adet örnek elde ettik. Aşağıda belirtilen bu örnekler üzerinde çalışma yapılmıştır. Bundan sonraki kısımda bu örneklerde nasıl çalışmalar yaptığımızı çeşitli çizim teknikleri, deneysel veriler ve deneysel sonuçlar ile anlatmaya çalışacağız.

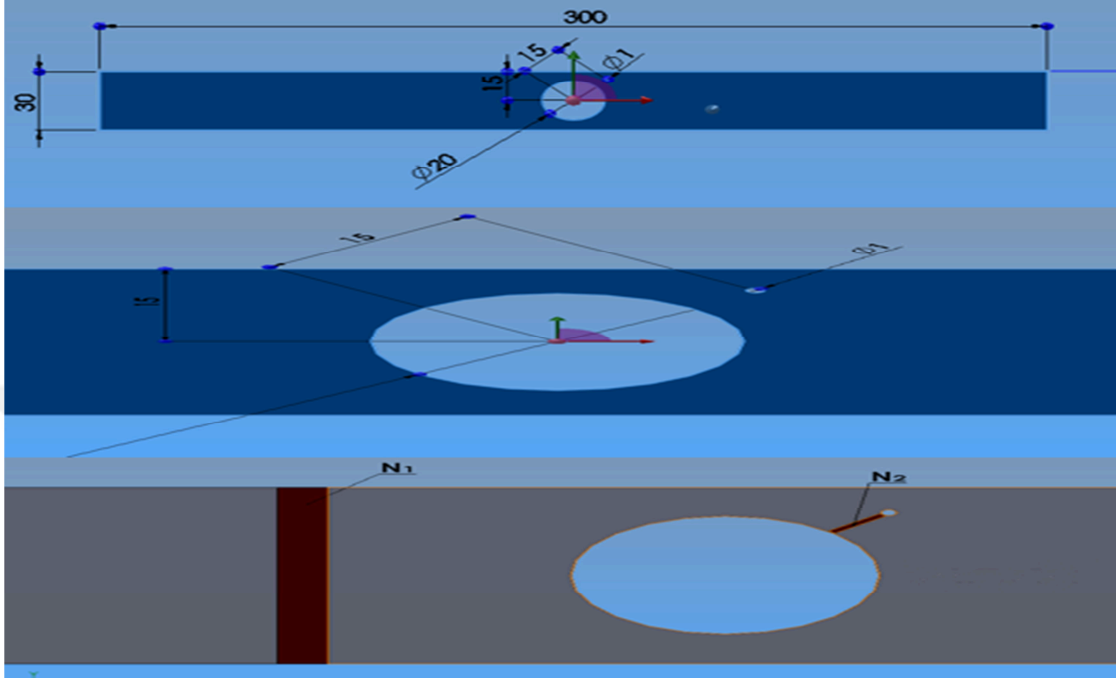
3.3.3.1. Lazer yardımıyla kesilen örnekler

Bu kısımımızda Lazer yardımıyla hazırlanmış deney örneklerimizin fiziksel özellikleri hakkında bilgileri vermeye çalışacağız.

3.3.3.1.1. Örnek-1'in özellikleri

Örnek-1 için kullanılan elektrik çeliği yönlendirilmemiş % 3 Si katkılı (N530) tipi elektrik çeliğidir. Bu örnekte “Daire” geometrik şeklinin manyetik akıya etkisini inceledik. Bu örneğimizin ölçülerine baktığımızda (Şekil 3.7.) boyu 300 mm eni 30 mm ve ortadaki delik çapı 20 mm, kalınlığı 0.5 mm, N_2 sargısının sarılabildiği deliğin çapı 1 mm ve bu deliğin merkezi, büyük deliğin merkezine uzaklığı 15 mm, merkeze göre yerleştirilme açısı ise 45^0 dir. Örneğin üzerinde bir ana algılayıcı (N_1) sargısı ile algılayıcı bobin (N_2) olarak iki adet algılayıcı bobin mevcuttur. N_1 sargısı 100 sarımdan,

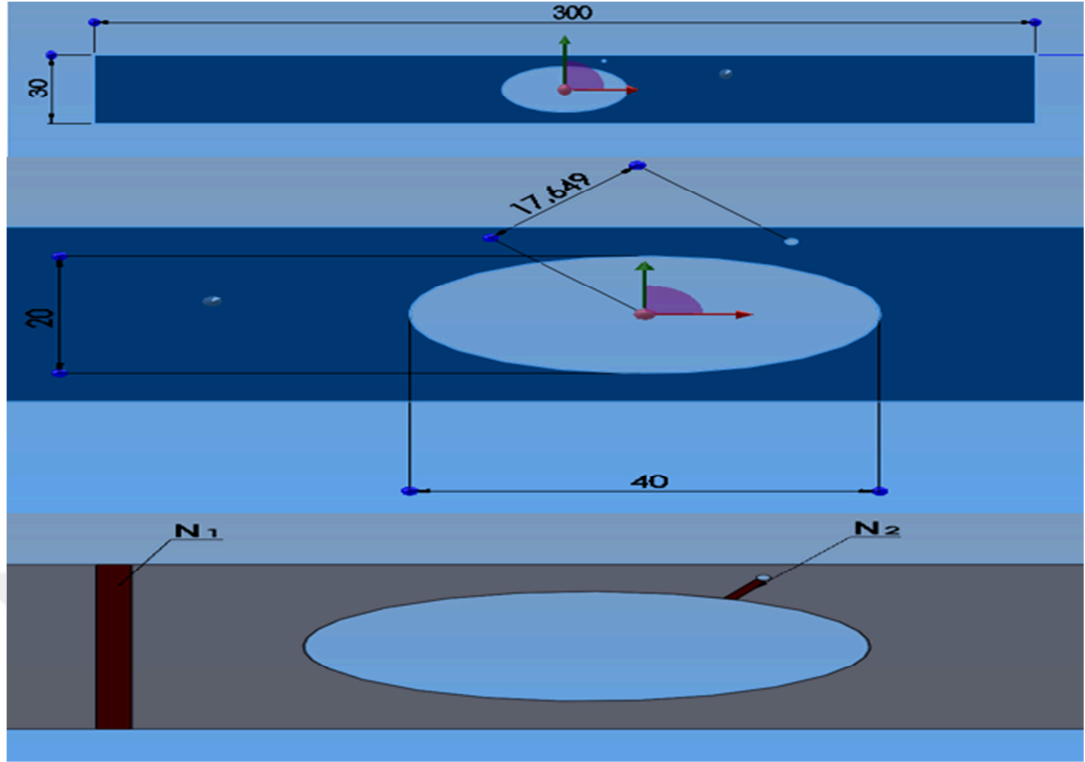
N_2 sargısı 10 sarımdan oluşur ve kullanılan bakır kesiti 0.1 mm'dir. Örnek üzerinde deney yapılması sırasında ölçme sistemimizdeki U-şekli selenoidin üzerine yerleştirilerek bağlantıları (Şekil 3.3.)'e göre yapıлып deneysel veriler alınmıştır.



Şekil 3.7. Hazırlanmış deneysel Örnek-1 (Solidworks programı çizimi 2 boyutlu görünümü)

3.3.3.1.2. Örnek-2'nin özellikleri

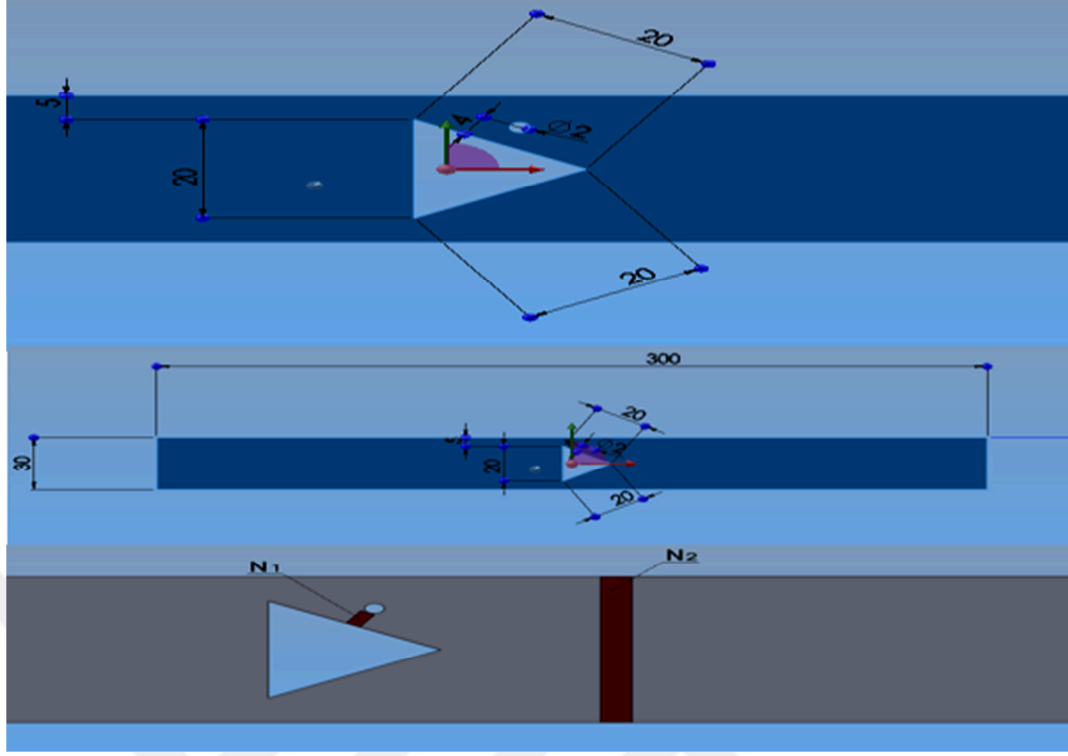
Örnek-2 için kullanılan elektrik çeliği yönlendirilmemiş %3 Si katkılı (N530) tipi elektrik çeliğidir. Bu örnekte “Elips” geometrik şeklinin manyetik akıya etkisini inceledik. Bu örneğimizin ölçülerine baktığımızda (Şekil 3.8.) boyu 300 mm eni 30 mm ve ortadaki elips deliğin kısa olan ‘a’ ekseninin çapı 20 mm, uzun olan ‘b’ ekseninin çapı 40 mm, kalınlığı 0.5 mm, N_2 sargısının sarılabildiği deliğin çapı 1 mm ve bu deliğin merkezi büyük deliğin merkezine uzaklığı 17,649 mm (Bu sayıda olmasının nedeni N_2 algılayıcı bobinin boyu ile elipsin sınırının dış sınır ile mesafe değeri ile aynı olmasını sağlamak), merkeze göre yerleştirilme açısı ise 45^0 'dir. Örneğin üzerinde bir ana algılayıcı (N_1) sargısı ile algılayıcı bobin (N_2) olarak iki adet algılayıcı bobin mevcuttur. N_1 sargısı 100 sarımdan, N_2 sargısı 10 sarımdan oluşur ve kullanılan bakır kesiti 0.1 mm'dir. Örnek üzerin de deney yapılması sırasında ölçme sistemimizdeki U-şekli selenoidin üzerine yerleştirilerek bağlantıları (Şekil 3.3.)'e göre yapıлып deneysel veriler alınmıştır.



Şekil 3.8. Hazırlanmış deneysel Örnek-2 (Solidworks programı çizimi 2 boyutlu görünümü)

3.3.3.1.3. Örnek-3'ün özellikleri

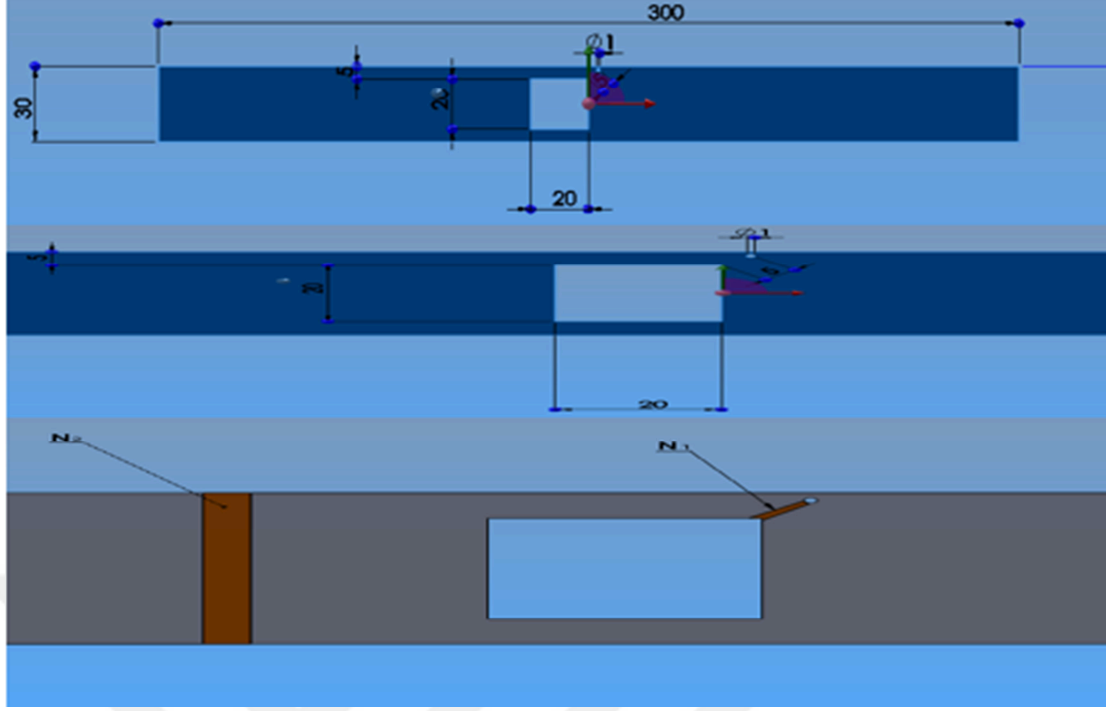
Örnek-3 için kullanılan elektrik çeliği yönlendirilmemiş %3 Si katkılı (N530) tipi elektrik çeliğidir. Bu örnekte “Eşkenar Üçgen” geometrik şeklinin manyetik akıya etkisini inceledik. Bu örneğimizin ölçülerine baktığımızda (Şekil 3.9.) boyu 300 mm eni 30 mm ve ortadaki eşkenar üçgenin bir kenarı 20 mm, kalınlığı 0.5 mm, N_2 sargısının sarılabildiği deliğin çapı 1 mm ve bu deliğin merkezi büyük deliğin üçgenin çeperine uzaklığı 4 mm, üçgenin ağırlık merkeze göre yerleştirilme açısı ise 45^0 'dir. Örneğin üzerinde bir ana algılayıcı (N_1) sargısı ile algılayıcı bobin (N_2) olarak iki adet algılayıcı bobin mevcuttur. N_1 sargısı 100 sarımdan, N_2 sargısı 10 sarımdan oluşur ve kullanılan bakır kesiti 0.1 mm'dir. Örnek üzerinde deney yapılması sırasında ölçme sistemimizdeki U-şekli selenoidin üzerine yerleştirilerek bağlantıları (Şekil 3.3.)'e göre yapılıp deneysel veriler alınır.



Şekil 3.9. Hazırlanmış deneysel Örnek-3 (Solidworks programı çizimi 2 boyutlu görünümü)

3.3.3.1.4. Örnek-4'ün özellikleri

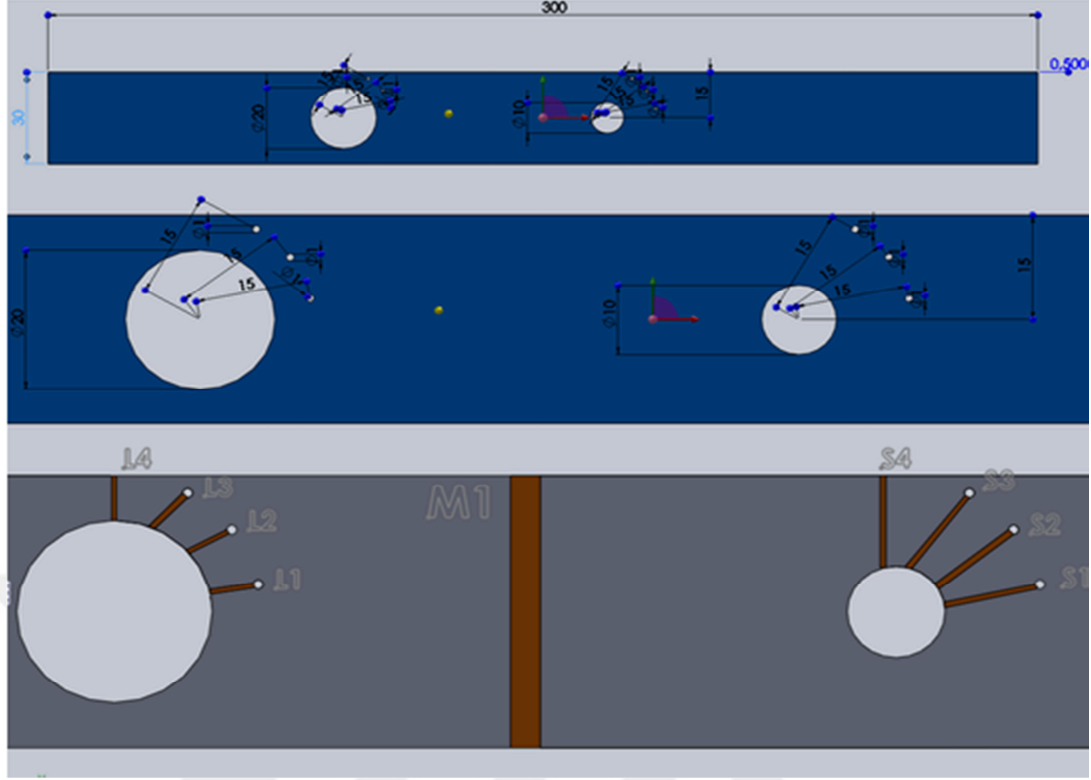
Örnek-4 için kullanılan elektrik çeliği yönlendirilmemiş % 3 Si katkılı (N530) tipi elektrik çeliğidir. Bu örnekte “Kare” geometrik şeklinin manyetik akıya etkisini inceledik. Bu örneğimizin ölçülerine baktığımızda (Şekil 3.10.) boyu 300 mm eni 30 mm ve ortadaki karenin bir kenarı 20 mm, kalınlığı 0.5 mm, N_2 sargısının sarılabildiği deliğin çapı 1 mm ve bu deliğin merkezi büyük deliğin karenin köşesine uzaklığı 5 mm, karenin merkezine göre yerleştirilme açısı ise 45^0 'dir. Örneğin üzerinde bir ana algılayıcı (N_1) sargısı ile algılayıcı bobin (N_2) olarak iki adet algılayıcı bobin mevcuttur. N_1 sargısı 100 sarımdan, N_2 sargısı 10 sarımdan oluşur ve kullanılan bakır kesiti 0.1 mm'dir. Örnek üzerinde deney yapılması sırasında ölçme sistemimizdeki U-şekli selenoidin üzerine yerleştirilerek bağlantıları (Şekil 3.3.)'e göre yapıp deneysel veriler alınır.



Şekil 3.10. Hazırlanmış deneysel Örnek-4 (Solidworks programı çizimi 2 boyutlu görünümü)

3.3.3.1.5. Örnek-5'in özellikleri

Örnek-5 için kullanılan elektrik çeliği yönlendirilmemiş %3 Si katkılı (N530) tipi elektrik çeliğidir. Bu örnekte “daire” geometrik şeklinin yarı çapına bağlı manyetik akının etkisini inceledik. Bu örneğimizin ölçülerine baktığımızda (Şekil 3.11.) boyu 300 mm eni 30 mm ve şekildeki dairelerin birinin yarıçapı 10 mm iken diğerinin yarıçapı 20 mm'dir ve genel şeklin kenarı 20 mm, kalınlığı 0.5 mm'dir. Bu sistemimizde isimleri büyük daireye bağlı bobinler L_1 , L_2 , L_3 ve L_4 iken küçük yarıçaplı daireye bağlı bobinler S_1 , S_2 , S_3 ve S_4 isimleri adlandırılmış ve aynı zamanda toplam akımızı ölçen bobin sistemi M ile isimlendirilmiştir. Örneğimizin üzerindeki L_1 , L_2 , L_3 , L_4 , S_1 , S_2 , S_3 ve S_4 bobinleri (Kullanılan bakır kesiti 0,1mm'dir) 10 sarımdan oluşurken M bobinimiz 100 sarımdan oluşmaktadır. Dairelerin etrafındaki algılayıcı bobinlerimiz sırası ile $22,5^\circ$, 45° , $67,5^\circ$ ve 90° olacak şekilde yerleştirilmiştir. Örnek üzerinde deney yapılması sırasında ölçme sistemimizdeki U-şekli selenoidin üzerine yerleştirilerek deneysel veriler alınmıştır.



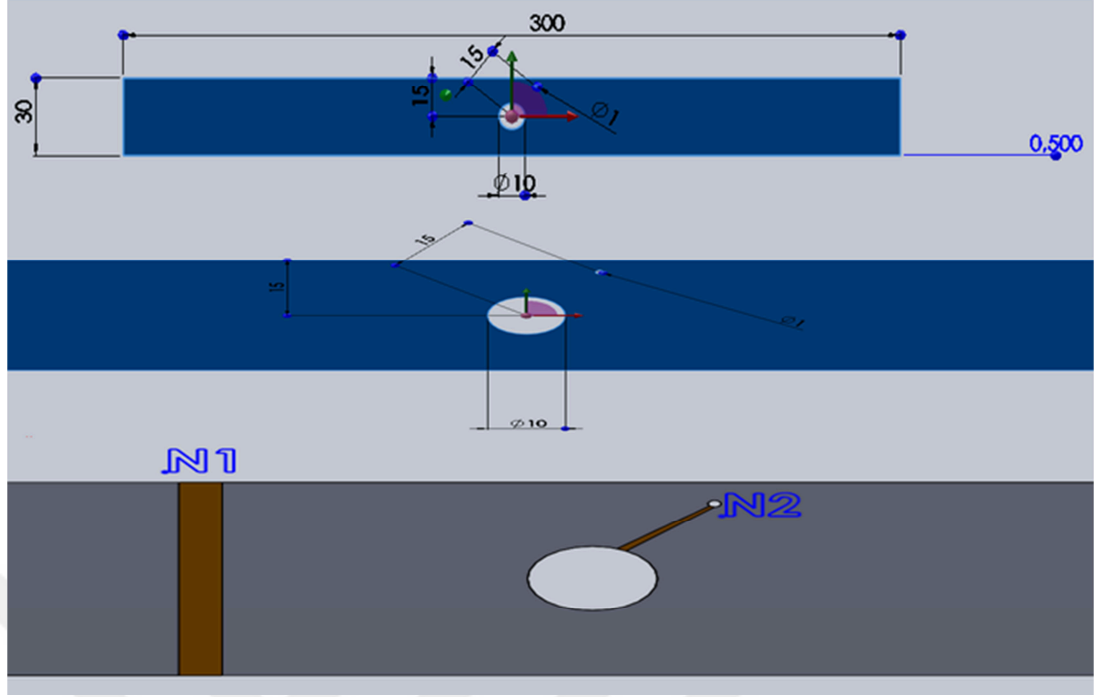
Şekil 3.11. Hazırlanmış deneysel Örnek-5 (Solidworks programı çizimi 2 boyutlu görünümü)

3.3.3.2. Su jeti yardımıyla kesilen örnekler

Bu kısımda da aynı deneysel örneklerimiz su jeti yardımıyla kesilip hazırlanmıştır. Bu kısımda da bu örneklerinde fiziksel ölçüleri ve özelliklerini vermeye çalıştık.

3.3.3.2.1. Örnek-6'in özellikleri

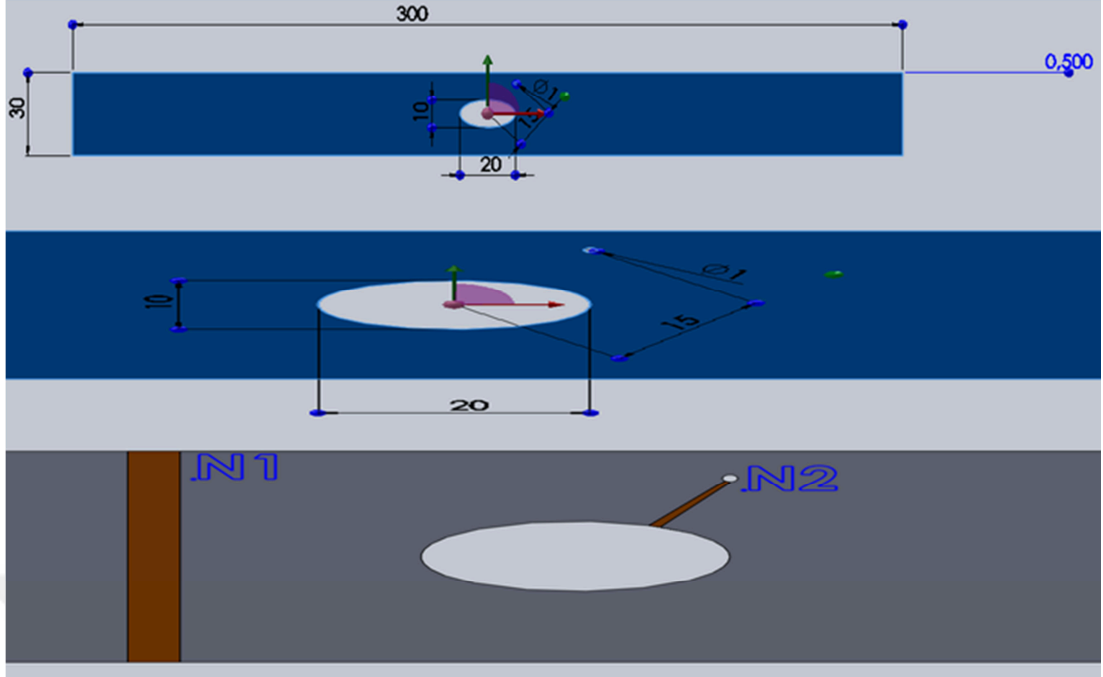
Örnek-6 için kullanılan elektrik çeliği yönlendirilmemiş %3 Si katkılı (N530) tipi elektrik çeliğidir. Bu örnekte “Daire” geometrik şeklinin manyetik akıya etkisini inceledik. Bu örneğimizin ölçülerine baktığımızda (Şekil 3.12.) boyu 300 mm eni 30 mm ve ortadaki delik çapı 5 mm, kalınlığı 0.5 mm, N_2 sargısının sarılabildiği deliğin çapı 1 mm ve bu deliğin merkezi, büyük deliğin merkezine uzaklığı 15 mm, merkeze göre yerleştirilme açısı ise 45^0 dir. Örneğin üzerinde bir ana algılayıcı (N_1) sargısı ile algılayıcı bobin (N_2) olarak iki adet algılayıcı bobin mevcuttur. N_1 sargısı 100 sarımdan, N_2 sargısı 10 sarımdan oluşur ve kullanılan bakır kesiti 0.1 mm'dir. Örnek üzerinde deney yapılması sırasında ölçme sistemimizdeki U-şekli selenoidin üzerine yerleştirilerek bağlantıları (Şekil 3.3.)'e göre yapıp deneysel veriler alınmıştır.



Şekil 3.12. Hazırlanmış deneysel Örnek-6 (Solidworks programı çizimi 2 boyutlu görünümü)

3.3.3.2.2. Örnek-7'nin özellikleri

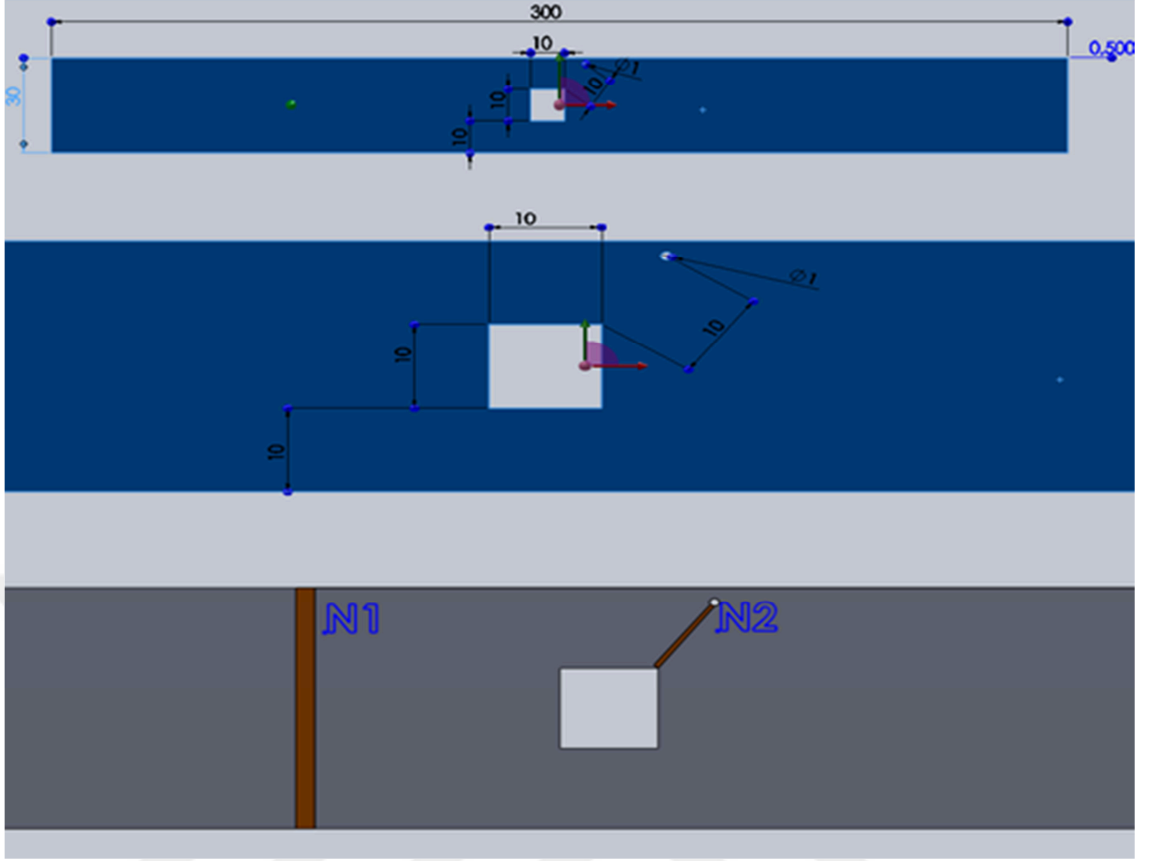
Örnek-7 için kullanılan elektrik çeliği yönlendirilmemiş %3 Si katkılı (N530) tipi elektrik çeliğidir. Bu örnekte “Elips” geometrik şeklinin manyetik akıya etkisini inceledik. Bu örneğimizin ölçülerine baktığımızda (Şekil 3.13.) boyu 300 mm eni 30 mm ve ortadaki elips deliğin kısa olan ‘a’ ekseninin çapı 20 mm uzun olan ‘b’ ekseninin çapı 40 mm, kalınlığı 0.5 mm, N₂ sargısının sarılabildiği deliğin çapı 1 mm ve bu deliğin merkezi büyük deliğin merkezine uzaklığı 17,649 mm (Bu sayıda olmasının nedeni N₂ algılayıcı bobinin boyu ile elipsin sınırının dış sınır ile mesafe değeri ile aynı olmasını sağlamak), merkeze göre yerleştirilme açısı ise 45⁰’dir. Örneğin üzerinde bir ana algılayıcı (N₁) sargısı ile algılayıcı bobin (N₂) olarak iki adet algılayıcı bobin mevcuttur. N₁ sargısı 100 sarımdan, N₂ sargısı 10 sarımdan oluşur ve kullanılan bakır kesiti 0.1 mm’dir. Örnek üzerin de deney yapılması sırasında ölçme sistemimizdeki U-şekli selenoidin üzerine yerleştirilerek bağlantıları (Şekil 3.3.)’e göre yapılıp deneysel veriler alınmıştır.



Şekil 3.13. Hazırlanmış deneysel Örnek-7 (Solidworks programı çizimi 2 boyutlu görünümü)

3.3.3.2.3. Örnek-8'in özellikleri

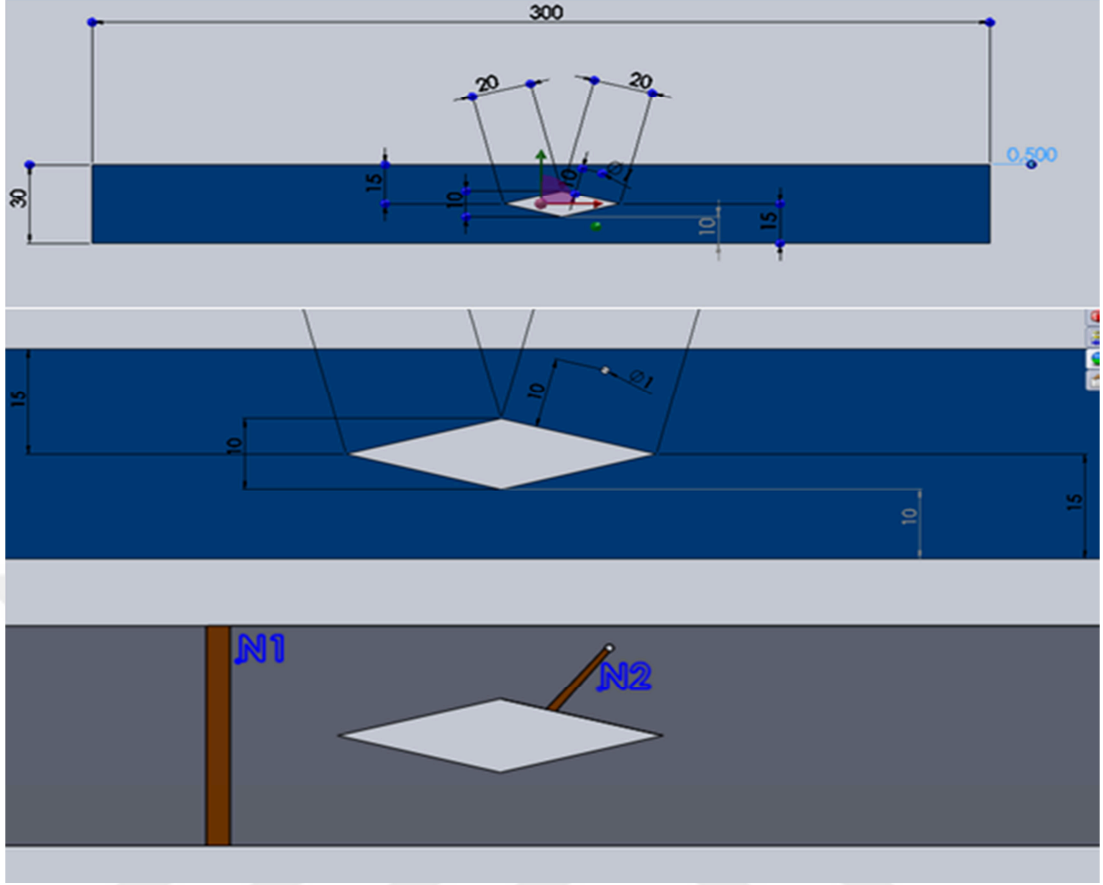
Örnek-8 için kullanılan elektrik çeliği yönlendirilmemiş %3 Si katkılı (N530) tipi elektrik çeliğidir. Bu örnekte “Kare” geometrik şeklinin manyetik akıya etkisini inceledik. Bu örneğimizin ölçülerine baktığımızda (Şekil 3.14.) boyu 300 mm eni 30 mm ve ortadaki karenin bir kenarı 20 mm, kalınlığı 0.5 mm, N_2 sargısının sarılabildiği deliğin çapı 1 mm ve bu deliğin merkezi büyük deliğin karenin köşesine uzaklığı 5 mm, karenin merkezine göre yerleştirilme açısı ise 45^0 'dir. Örneğin üzerinde bir ana algılayıcı (N_1) sargısı ile algılayıcı bobin (N_2) olarak iki adet algılayıcı bobin mevcuttur. N_1 sargısı 100 sarımdan, N_2 sargısı 10 sarımdan oluşur ve kullanılan bakır kesiti 0.1 mm'dir. Örnek üzerinde deney yapılması sırasında ölçme sistemimizdeki U-şekli selenoidin üzerine yerleştirilerek bağlantıları (Şekil 3.3.)'e göre yapılıp deneysel veriler alınır.



Şekil 3.14. Hazırlanmış deneysel Örnek-8 (Solidworks programı çizimi 2 boyutlu görünümü)

3.3.3.2.4. Örnek-9'un özellikleri

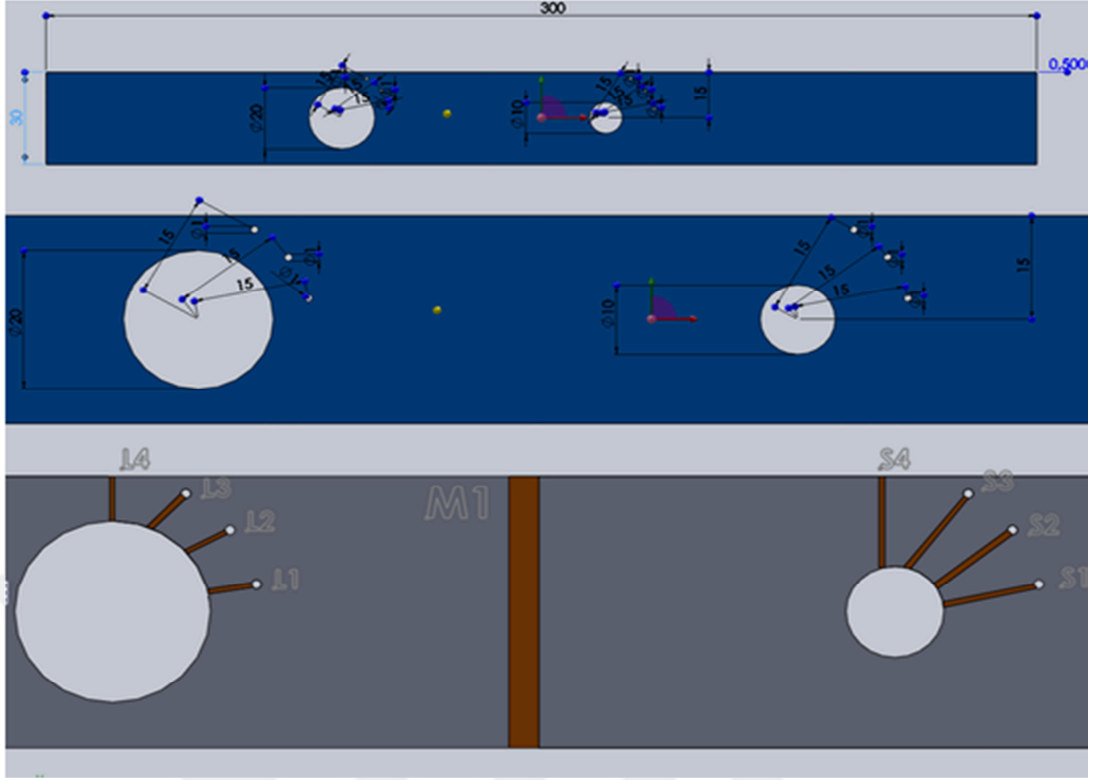
Örnek-9 için kullanılan elektrik çeliği yönlendirilmemiş %3 Si katkılı (N530) tipi elektrik çeliğidir. Bu örnekte “Eşkenar üçgen” geometrik şeklinin manyetik akıya etkisini inceledik. Bu örneğimizin ölçülerine baktığımızda (Şekil 3.15.) boyu 300 mm eni 30 mm ve ortadaki eşkenar üçgenin bir kenarı 20 mm, kalınlığı 0.5 mm, N_2 sargısının sarılabildiği deliğin çapı 1 mm ve bu deliğin merkezi büyük deliğin üçgenin çeperine uzaklığı 4 mm, üçgenin ağırlık merkeze göre yerleştirilme açısı ise 45^0 'dir. Örneğin üzerinde bir ana algılayıcı (N_1) sargısı ile algılayıcı bobin (N_2) olarak iki adet algılayıcı bobin mevcuttur. N_1 sargısı 100 sarımdan, N_2 sargısı 10 sarımdan oluşur ve kullanılan bakır kesiti 0.1 mm'dir. Örnek üzerinde deney yapılması sırasında ölçme sistemimizdeki U-şekli selenoidin üzerine yerleştirilerek bağlantıları (Şekil 3.3.)'e göre yapılp deneysel veriler alınır.



Şekil 3.15. Hazırlanmış deneysel örnek-9 (Solidworks program çizimi 2 boyutlu görünümü)

3.3.3.2.5. Örnek-10'un özellikleri

Örnek-10 için kullanılan elektrik çeliği yönlendirilmemiş %3 Si katkılı (N530) tipi elektrik çeliğidir. Bu örnekte “daire” geometrik şeklinin yarı çapına bağlı manyetik akının etkisini inceledik. Bu örneğimizin ölçülerine baktığımızda (Şekil 3.16.) boyu 300 mm eni 30 mm ve şekildeki dairelerin birinin yarıçapı 10 mm iken diğerinin yarıçapı 20 mm'dir ve genel şeklin kenarı 20 mm, kalınlığı 0.5 mm. Bu sistemimizde isimleri büyük daireye bağlı bobinler L_1 , L_2 , L_3 ve L_4 iken küçük yarıçaplı daireye bağlı bobinler S_1 , S_2 , S_3 ve S_4 isimleri adlandırılmış ve aynı zamanda toplam akımızı ölçen bobin sistemi M ile isimlendirilmiştir. Örneğimizin üzerindeki L_1 , L_2 , L_3 , L_4 , S_1 , S_2 , S_3 ve S_4 bobinleri (Kullanılan bakır kesiti 0,1 mm'dir) 10 sarımdan oluşurken M bobinimiz 100 sarımdan oluşmaktadır. Dairelerin etrafındaki algılayıcı bobinlerimiz sırası ile $22,5^\circ$, 45° , $67,5^\circ$ ve 90° olacak şekilde yerleştirilmiştir. Örnek üzerinde deney yapılması sırasında ölçme sistemimizdeki U-şekli selenoidin üzerine yerleştirilerek deneysel veriler alınmıştır.



Şekil 3.16. Hazırlanmış deneysel örnek-10 (Solidworks programı çizimi 2 boyutlu görünümü)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümümüzde daha önceki bölümlerde bilgilerini paylaştığımız deney örneklerimizden aldığımız deneysel verileri belirli bir düzen içinde tablo ve grafiklerimizle sunmaya çalıştık. Ve bu deneysel sonuçları tartışmaları ile vermeye çalışacağız.

Bu örneklerimizle çalışırken daha önce bahsettiğimiz gibi Şekil 3.3.'te ki bağlantı şekli ve isimlerini kısım "3.3. Ölçme Devresi" kısmında belirttiğimiz laboratuvar aletlerimizle birlikte, örneklerimizin üzerindeki amacımız olan manyetik akı dağılımı incelenmesini yapmaya çalıştık. Bu deney sırasında dört ana frekansta ölçümlerimizi almaya devam ettik. Bu frekanslar 50 Hz, 100 Hz, 200 Hz ve 400 Hz olarak belirledik. Daha sonra ki kısımlarda göreceğimiz gibi, deney örnekleri üzerinde bulunan ana algılayıcı bobin üzerinden aldığımız sinyal de 0.5 Tesla' yı geçmedik. Bunun sebebi ise 0.5 Tesla manyetik alan akısı değerinden sonra harmoniklerden dolayı algıladığımız sinyalde tam sinüs sinyalinden sapmalar gözlemledik. Bu yüzden bu değerde kalarak sinüs sinyalimizin bozulmamasına dikkat ettik ve hesaplamalarımızın tam sinüs sinyaline dayalı olduğundan dolayı yanlış deney verilerinin oluşmasını engellemeye çalıştık.

Bu hesaplamalarımızı yaparken ölçü aletlerimizden aldığımız verileri "3.3.1. Çekirdekte manyetik büyüklüklerin hesaplanması" kısmında teorik olarak sonuca bağladığımız (3.12.) ve (3.16.) eşitliklerimizi kullanarak hesaplamaya çalıştık.

4.1. Lazer Kesim Örneklerinin Deneysel Verileri

4.1.1. Örnek-1'in deneysel verileri

Örnek-1 (Daire geometrik şekli)'in deneysel verileri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 4.1. 50 Hz Örnek-1 deneysel Verileri

Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,25	0,05	0,11
0,45	0,10	0,20
0,60	0,15	0,28
0,73	0,20	0,35
0,83	0,25	0,41
0,92	0,30	0,47
0,99	0,35	0,52
1,07	0,40	0,57
1,16	0,45	0,63
1,26	0,50	0,71

Çizelge 4.2. 100 Hz Örnek-1 deneysel verileri

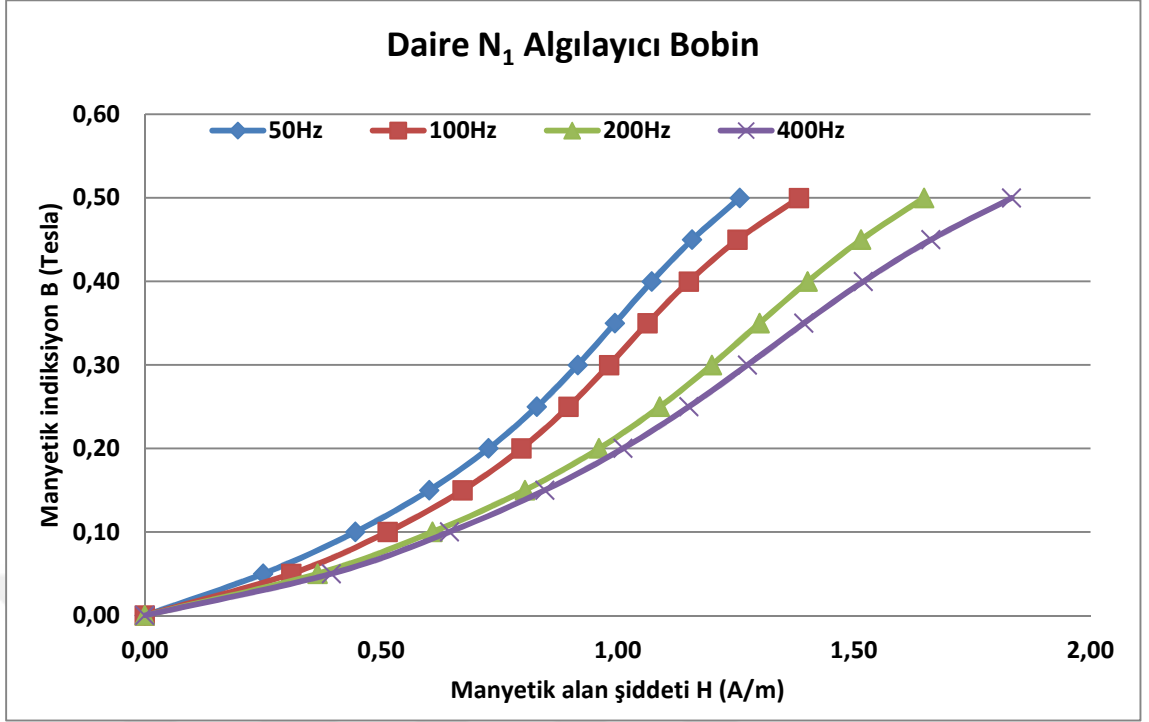
Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,31	0,05	0,08
0,51	0,10	0,15
0,67	0,15	0,21
0,80	0,20	0,27
0,90	0,25	0,32
0,98	0,30	0,37
1,06	0,35	0,41
1,15	0,40	0,47
1,25	0,45	0,53
1,38	0,50	0,62

Çizelge 4.3. 200 Hz Örnek-1 deneysel verileri

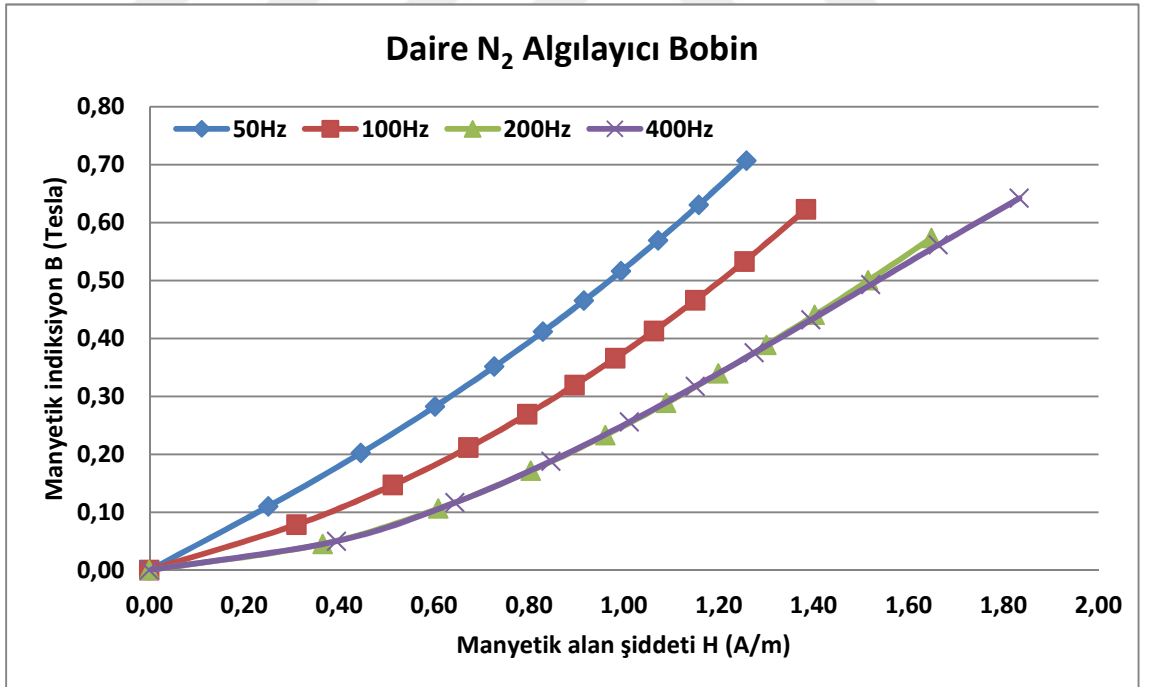
Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,37	0,05	0,05
0,61	0,10	0,11
0,80	0,15	0,17
0,96	0,20	0,23
1,09	0,25	0,29
1,20	0,30	0,34
1,30	0,35	0,39
1,40	0,40	0,44
1,51	0,45	0,50
1,65	0,50	0,57

Çizelge 4.4. 400 Hz Örnek-1 deneysel verileri

Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,39	0,05	0,05
0,64	0,10	0,12
0,85	0,15	0,19
1,01	0,20	0,26
1,15	0,25	0,32
1,27	0,30	0,37
1,39	0,35	0,43
1,52	0,40	0,49
1,66	0,45	0,56
1,83	0,50	0,64



Şekil 4.1. Örnek-1 (Daire)'in N₁ algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun B (T), manyetik alan şiddeti H (A/m) ile değişimi



Şekil 4.2. Örnek-1 (Daire)'in N₂ algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun B (T), manyetik alan şiddeti H (A/m) ile değişimi

4.1.2. Örnek-2'nin deneysel verileri

Örnek-2 (Elips geometrik şekli)'nin deneysel verileri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.5. 50Hz Örnek-2'nin deneysel verileri

Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,37	0,05	0,05
0,60	0,10	0,15
0,79	0,15	0,27
0,93	0,20	0,37
1,04	0,25	0,45
1,14	0,30	0,53
1,23	0,35	0,59
1,32	0,40	0,66
1,43	0,45	0,74
1,57	0,50	0,82

Çizelge 4.6. 100Hz Örnek-2'nin deneysel verileri

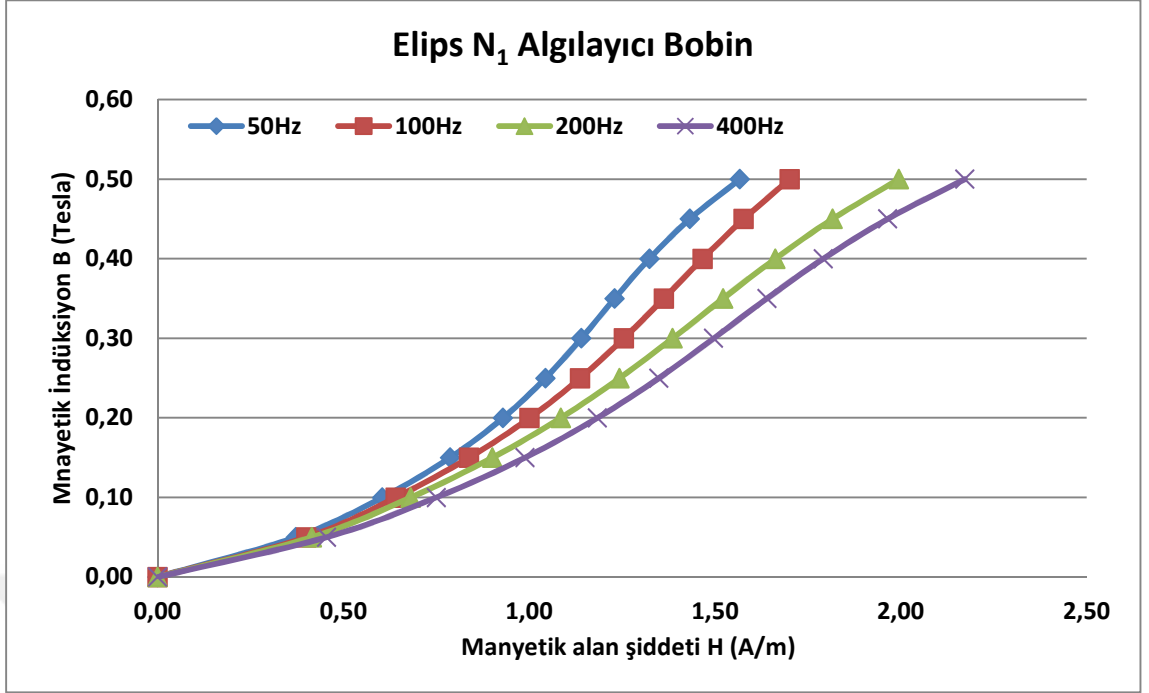
Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,40	0,05	0,12
0,64	0,10	0,27
0,84	0,15	0,42
1,00	0,20	0,56
1,14	0,25	0,69
1,25	0,30	0,80
1,36	0,35	0,91
1,47	0,40	1,00
1,58	0,45	1,10
1,70	0,50	1,21

Çizelge 4.7. 200Hz Örnek-2'nin deneysel verileri

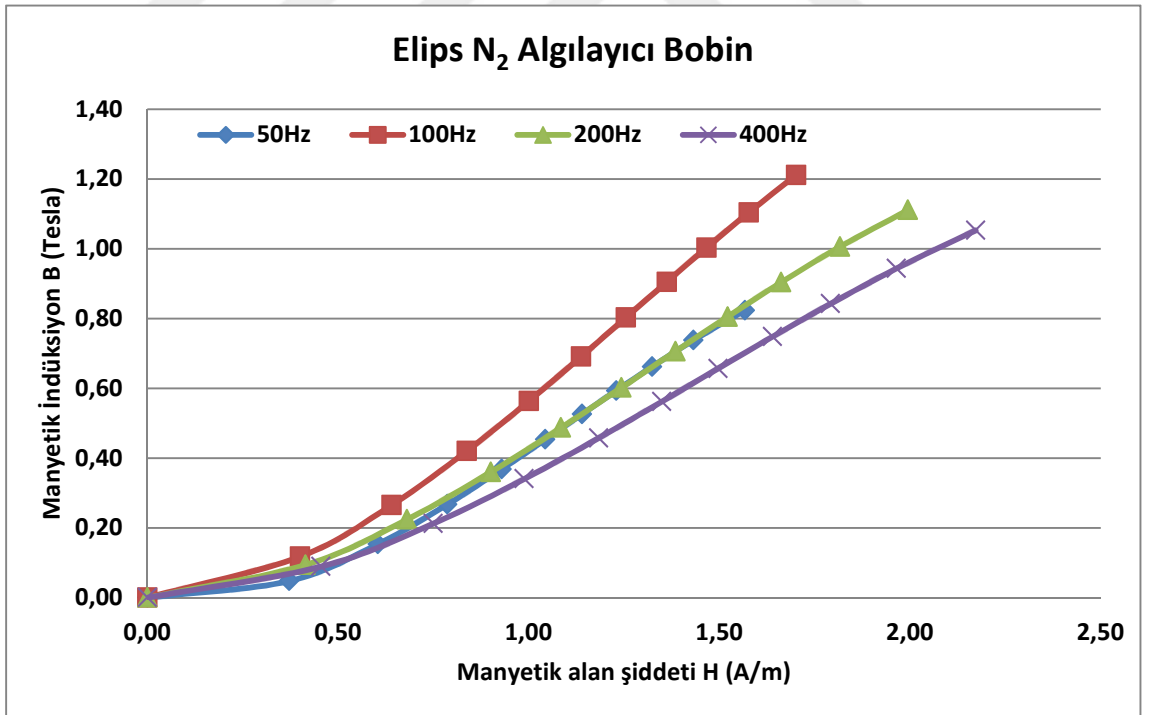
Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,42	0,05	0,09
0,68	0,10	0,22
0,90	0,15	0,36
1,09	0,20	0,49
1,24	0,25	0,60
1,39	0,30	0,71
1,52	0,35	0,81
1,66	0,40	0,90
1,82	0,45	1,01
1,99	0,50	1,11

Çizelge 4.8. 400Hz Örnek-2'nin deneysel verileri

Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,45	0,05	0,09
0,75	0,10	0,21
0,99	0,15	0,34
1,18	0,20	0,46
1,35	0,25	0,56
1,50	0,30	0,66
1,64	0,35	0,75
1,79	0,40	0,84
1,96	0,45	0,94
2,17	0,50	1,05



Şekil 4.3. Örnek-2 (Elips)'in N_1 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun B (T), manyetik alan şiddeti H (A/m) ile değişimi



Şekil 4.4. Örnek-2 (Elips)'in N_1 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun B (T), manyetik alan şiddeti H (A/m) ile değişimi

4.1.3. Örnek-3'ün deneysel verileri

Örnek-3 (Eşkenar Üçgen Geometrik Şekli)'ün Deneysel verileri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.9. 50 Hz Örnek-3'ün deneysel verileri

Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,30	0,05	0,12
0,49	0,10	0,20
0,63	0,15	0,27
0,74	0,20	0,32
0,83	0,25	0,37
0,90	0,30	0,40
0,96	0,35	0,44
1,02	0,40	0,47
1,09	0,45	0,52
1,18	0,50	0,57

Çizelge 4.10. 100 Hz Örnek-3'ün deneysel verileri

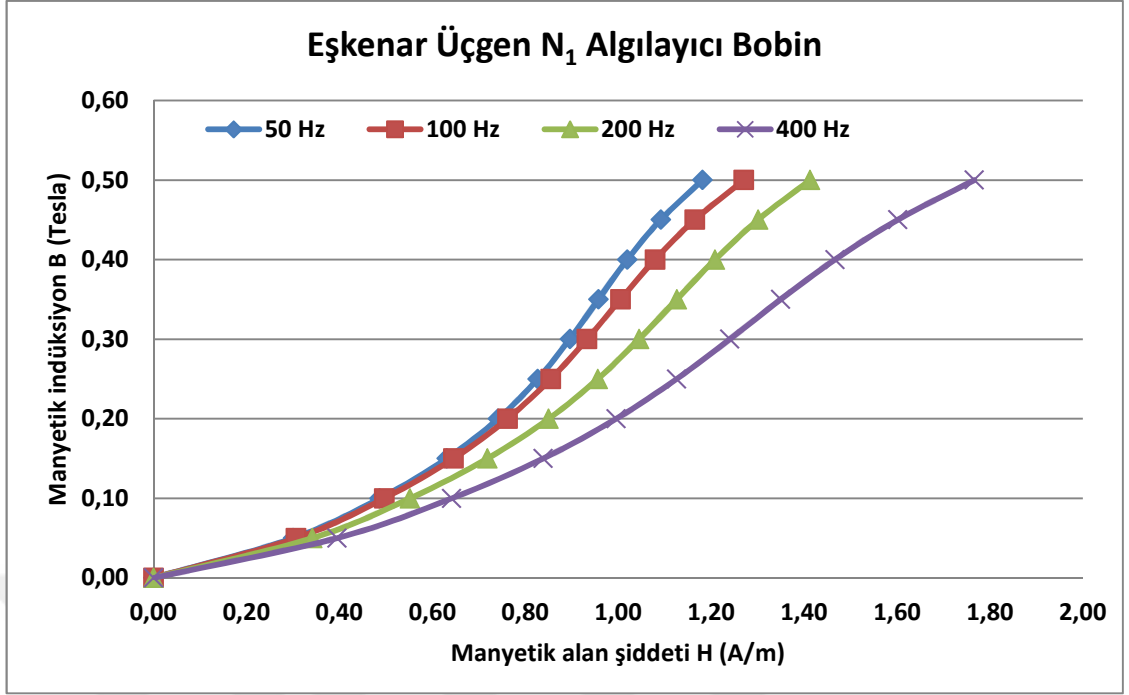
Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,31	0,05	0,07
0,50	0,10	0,14
0,65	0,15	0,21
0,76	0,20	0,28
0,85	0,25	0,33
0,93	0,30	0,37
1,00	0,35	0,41
1,08	0,40	0,46
1,16	0,45	0,51
1,27	0,50	0,57

Çizelge 4.11. 200 Hz Örnek-3'ün deneysel verileri

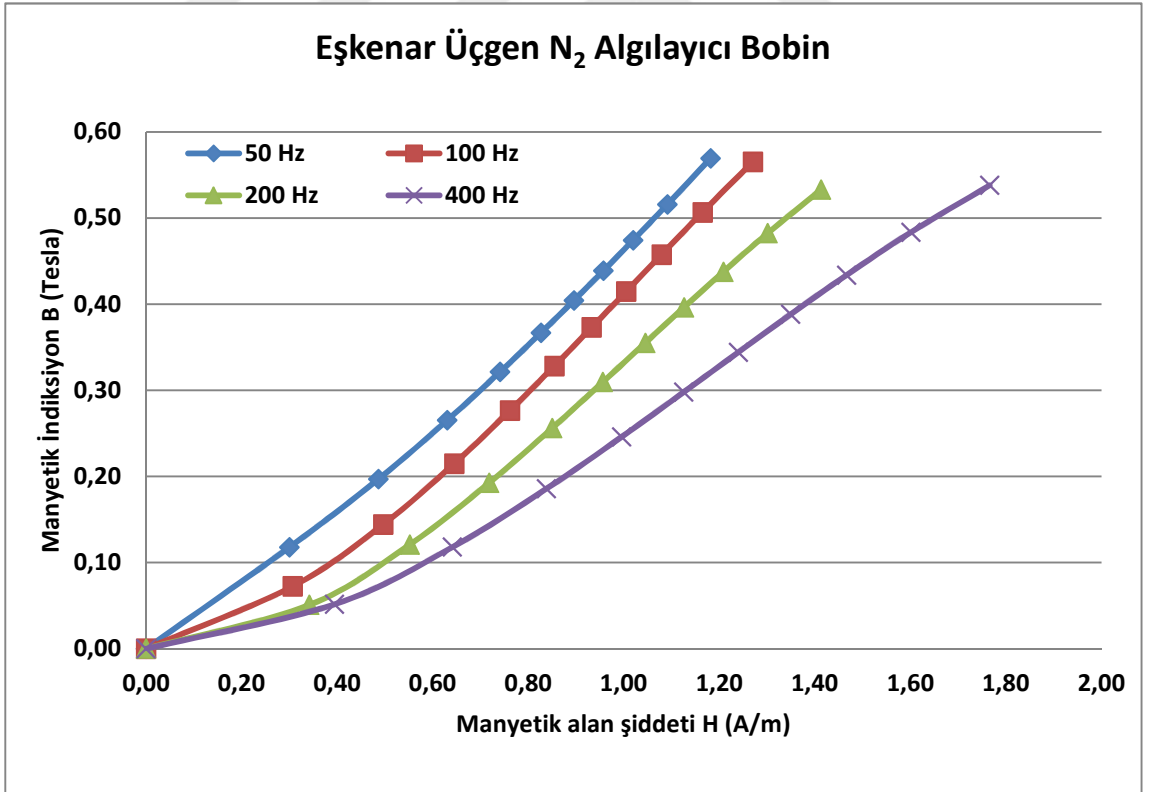
Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,34	0,05	0,05
0,55	0,10	0,12
0,72	0,15	0,19
0,85	0,20	0,26
0,96	0,25	0,31
1,04	0,30	0,35
1,13	0,35	0,40
1,21	0,40	0,44
1,30	0,45	0,48
1,41	0,50	0,53

Çizelge 4.12. 400 Hz Örnek-3'ün deneysel verileri

Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,39	0,05	0,05
0,64	0,10	0,12
0,84	0,15	0,19
1,00	0,20	0,25
1,13	0,25	0,30
1,24	0,30	0,34
1,35	0,35	0,39
1,47	0,40	0,43
1,60	0,45	0,48
1,77	0,50	0,54



Şekil 4.5. Örnek-3 (Eşkenar Üçgen)’ün N₁ algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun B (T), manyetik alan şiddeti H (A/m) ile değişimi



Şekil 4.6. Örnek-3 (Eşkenar Üçgen)’ün N₂ algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun B (T), manyetik alan şiddeti H (A/m) ile değişimi

4.1.4. Örnek-4'ün deneysel verileri

Örnek-4 (Kare Geometrik Şekli)'ün Deneysel verileri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.13. 50Hz Örnek-4'ün deneysel verileri

Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,30	0,05	0,12
0,48	0,10	0,28
0,63	0,15	0,44
0,75	0,20	0,58
0,85	0,25	0,70
0,93	0,30	0,81
1,01	0,35	0,90
1,09	0,40	1,00
1,18	0,45	1,11
1,29	0,50	1,23

Çizelge 4.14. 100Hz Örnek-4'ün deneysel verileri

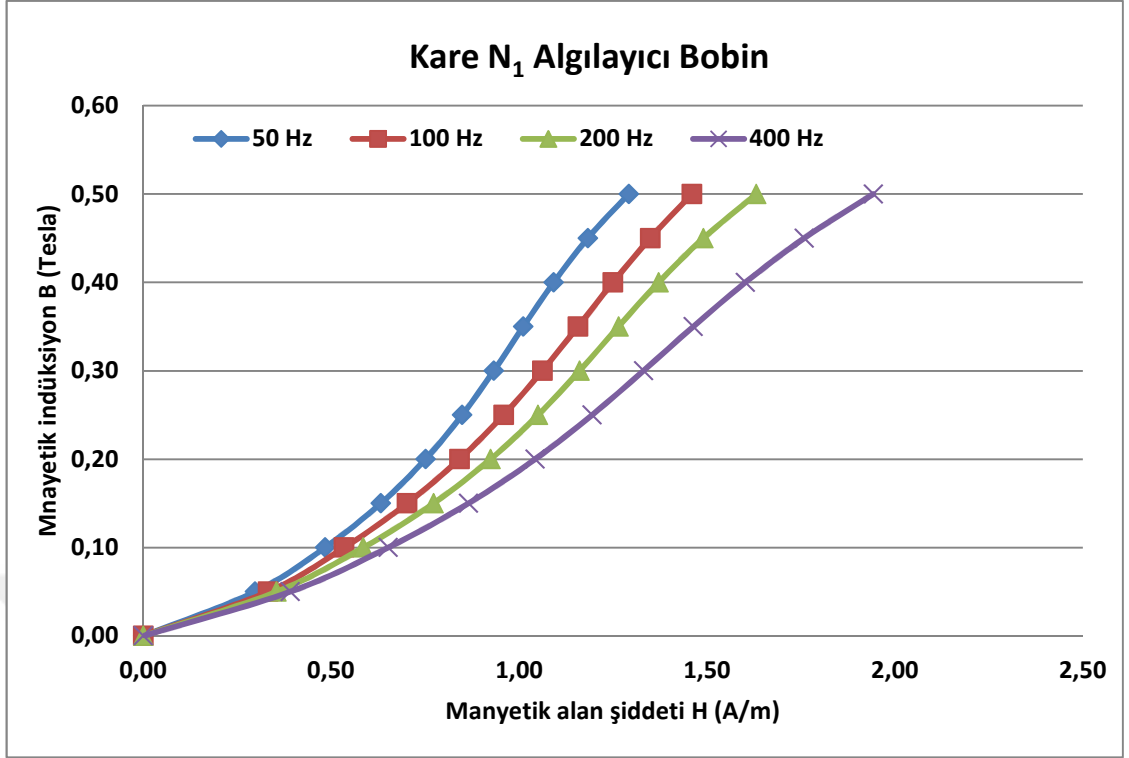
Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,33	0,05	0,12
0,53	0,10	0,29
0,70	0,15	0,46
0,84	0,20	0,62
0,96	0,25	0,76
1,06	0,30	0,89
1,16	0,35	1,00
1,25	0,40	1,12
1,35	0,45	1,23
1,46	0,50	1,35

Çizelge 4.15. 200Hz Örnek-4'ün deneysel verileri

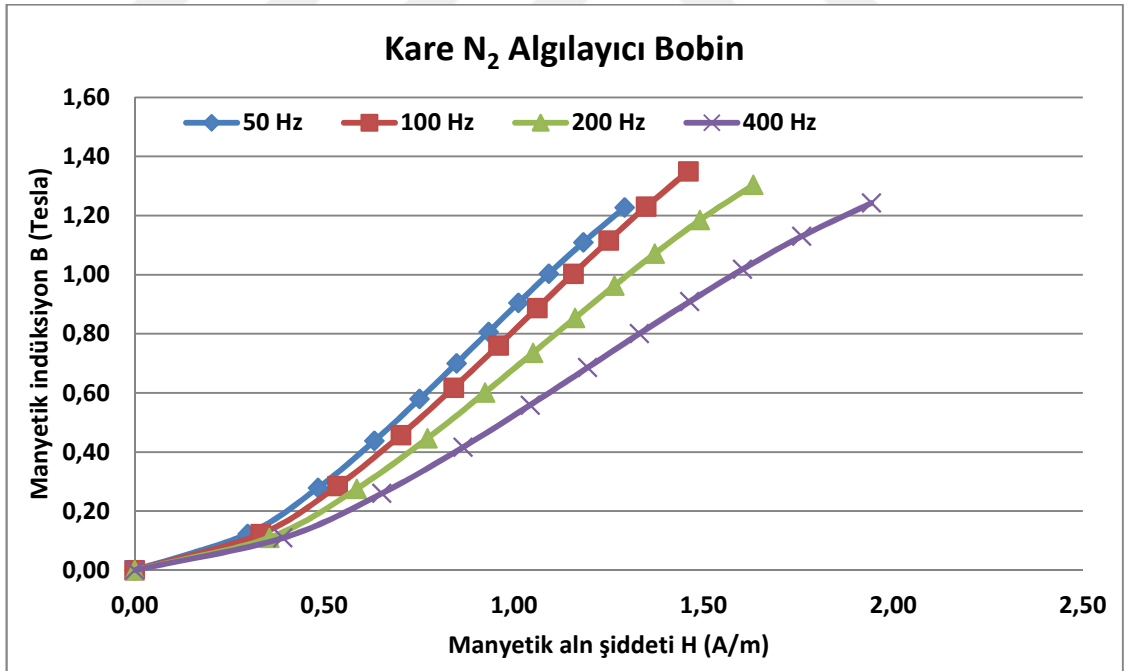
Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,35	0,05	0,11
0,59	0,10	0,28
0,77	0,15	0,45
0,92	0,20	0,60
1,05	0,25	0,74
1,16	0,30	0,85
1,26	0,35	0,96
1,37	0,40	1,07
1,49	0,45	1,18
1,63	0,50	1,30

Çizelge 4.16. 400Hz Örnek-4'ün deneysel verileri

Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,39	0,05	0,11
0,65	0,10	0,26
0,87	0,15	0,42
1,04	0,20	0,56
1,19	0,25	0,69
1,33	0,30	0,80
1,46	0,35	0,91
1,60	0,40	1,02
1,76	0,45	1,13
1,94	0,50	1,24



Şekil 4.7. Örnek-4 (Kare)'ün N₁ algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun B (T), manyetik alan şiddeti H (A/m) ile değişimi



Şekil 4.8. Örnek-4 (Kare)'ün N₂ algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun B (T), manyetik alan şiddeti H (A/m) ile değişimi

4.2. Su Jeti Kesim Örneklerinin Deneysel Verileri

4.2.1. Örnek-6'nın deneysel verileri

Örnek-6 (Daire Geometrik Şekli)'nin Deneysel verileri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.17. 50Hz Örnek-6'nın deneysel verileri

Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,18	0,05	0,12
0,29	0,10	0,16
0,37	0,15	0,21
0,41	0,20	0,25
0,43	0,25	0,28
0,44	0,30	0,29
0,44	0,35	0,29
0,44	0,40	0,30
0,45	0,45	0,31
0,48	0,50	0,36

Çizelge 4.18. 100Hz Örnek-6'nın deneysel verileri

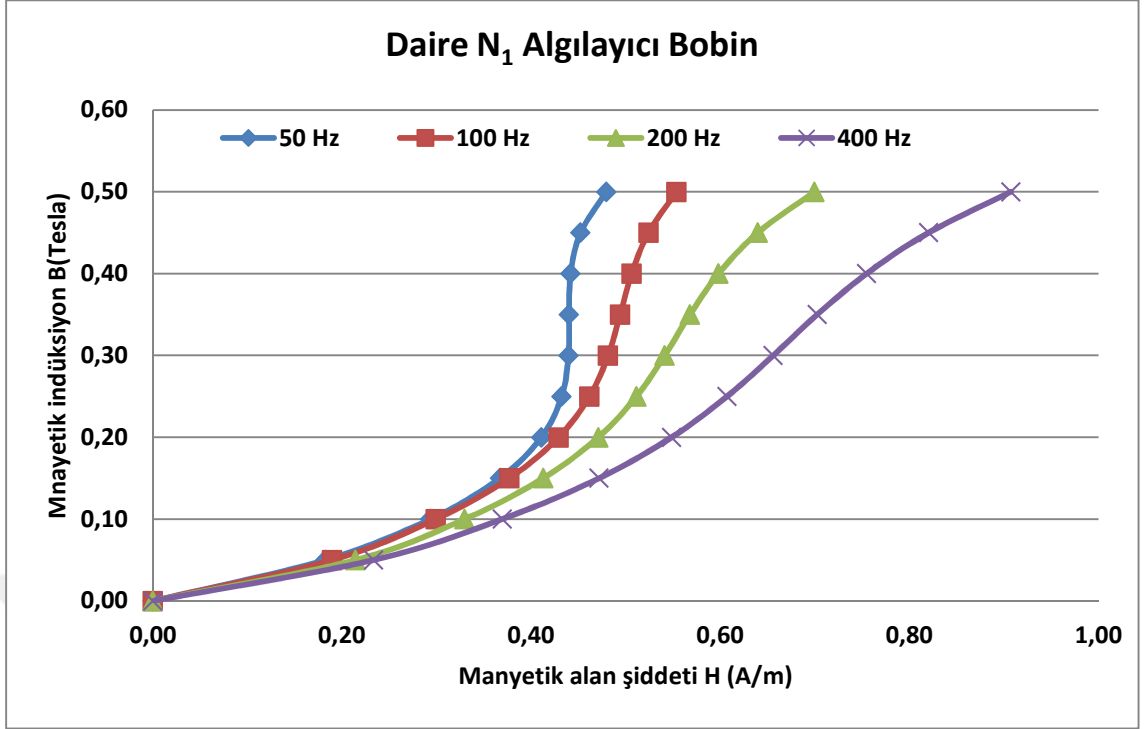
Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,19	0,05	0,09
0,30	0,10	0,12
0,38	0,15	0,17
0,43	0,20	0,22
0,46	0,25	0,27
0,48	0,30	0,30
0,49	0,35	0,32
0,51	0,40	0,35
0,52	0,45	0,39
0,55	0,50	0,46

Çizelge 4.19. 200Hz Örnek-6'nın deneysel verileri

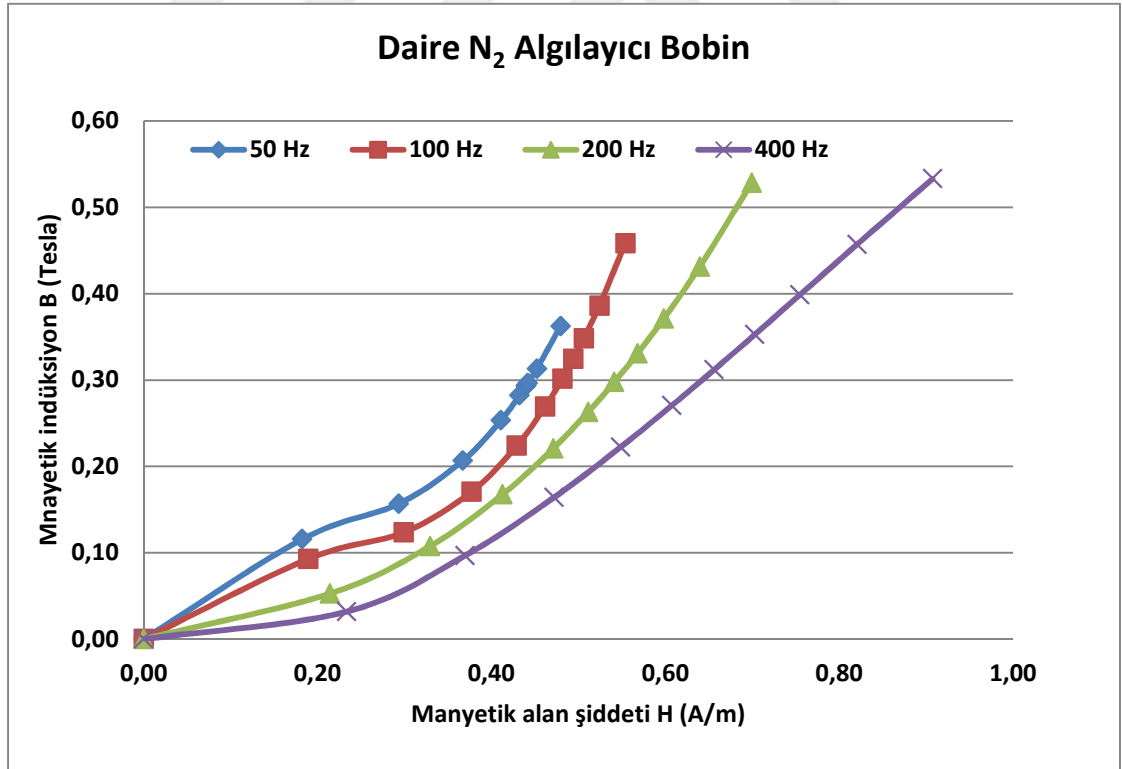
Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,21	0,05	0,05
0,33	0,10	0,11
0,41	0,15	0,17
0,47	0,20	0,22
0,51	0,25	0,26
0,54	0,30	0,30
0,57	0,35	0,33
0,60	0,40	0,37
0,64	0,45	0,43
0,70	0,50	0,53

Çizelge 4.20. 400Hz Örnek-6'nın deneysel verileri

Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,23	0,05	0,03
0,37	0,10	0,10
0,47	0,15	0,16
0,55	0,20	0,22
0,61	0,25	0,27
0,66	0,30	0,31
0,70	0,35	0,35
0,75	0,40	0,40
0,82	0,45	0,46
0,91	0,50	0,53



Şekil 4.9. Örnek-6 (Daire)'nın N₁ algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun B (T), manyetik alan şiddeti H (A/m) ile değişimi



Şekil 4.10. Örnek-6 (Daire)'nın N₂ algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun B (T), manyetik alan şiddeti H (A/m) ile değişimi

4.2.2. Örnek-7'nin deneysel verileri

Örnek-7 (Elips Geometrik Şekli)'nin deneysel verileri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.21. 50Hz Örnek-7'nin deneysel verileri

Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,13	0,05	0,13
0,21	0,10	0,23
0,26	0,15	0,34
0,29	0,20	0,43
0,30	0,25	0,49
0,31	0,30	0,51
0,31	0,35	0,51
0,31	0,40	0,51
0,32	0,45	0,54
0,34	0,50	0,63

Çizelge 4.22. 100Hz Örnek-7'nin deneysel verileri

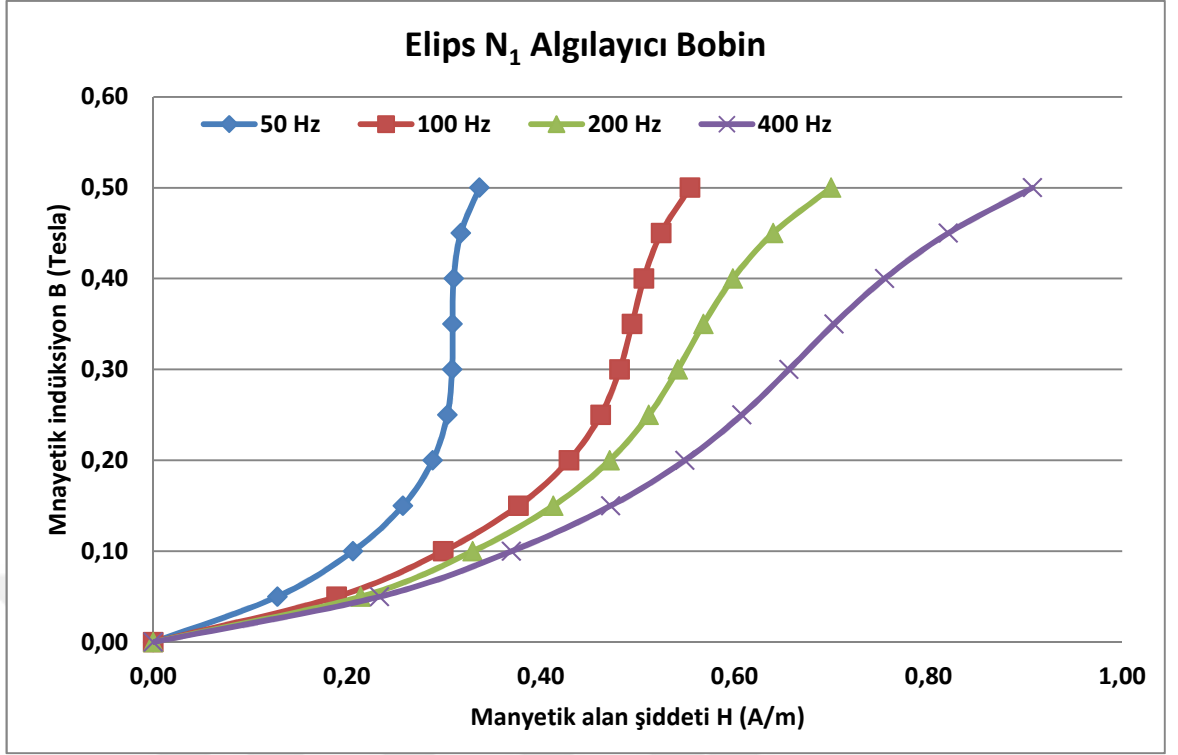
Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,19	0,05	0,10
0,30	0,10	0,18
0,38	0,15	0,28
0,43	0,20	0,37
0,46	0,25	0,45
0,48	0,30	0,49
0,49	0,35	0,53
0,51	0,40	0,56
0,52	0,45	0,62
0,55	0,50	0,71

Çizelge 4.23. 200Hz Örnek-7'nin deneysel verileri

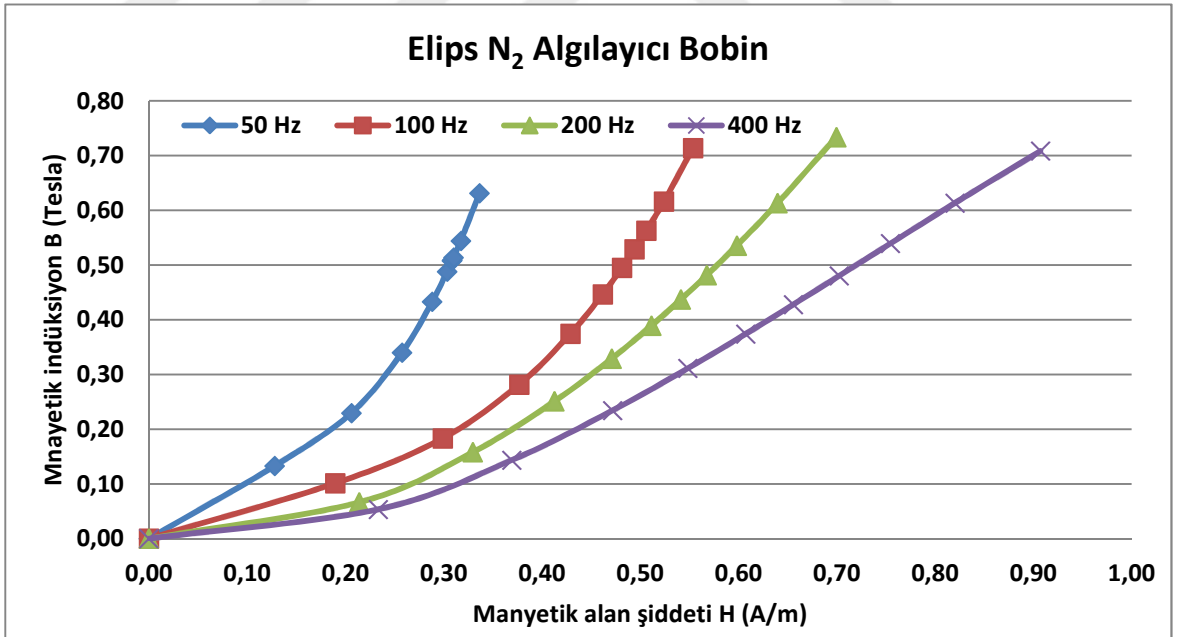
Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,21	0,05	0,07
0,33	0,10	0,16
0,41	0,15	0,25
0,47	0,20	0,33
0,51	0,25	0,39
0,54	0,30	0,44
0,57	0,35	0,48
0,60	0,40	0,54
0,64	0,45	0,61
0,70	0,50	0,73

Çizelge 4.24. 400Hz Örnek-7'nin deneysel verileri

Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,23	0,05	0,05
0,37	0,10	0,14
0,47	0,15	0,23
0,55	0,20	0,31
0,61	0,25	0,37
0,66	0,30	0,43
0,70	0,35	0,48
0,75	0,40	0,54
0,82	0,45	0,61
0,91	0,50	0,71



Şekil 4.11. Örnek-7 (Elips)'nin N_1 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun B (T), manyetik alan şiddeti H (A/m) ile değişimi



Şekil 4.12. Örnek-7 (Elips)'nin N_2 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun B (T), manyetik alan şiddeti H (A/m) ile değişimi

4.2.3. Örnek-8'in deneysel verileri

Örnek-8 (Kare Geometrik Şekli)'in deneysel verileri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.25. 50Hz Örnek-8'in deneysel verileri

Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,17	0,05	0,09
0,27	0,10	0,15
0,35	0,15	0,21
0,41	0,20	0,26
0,46	0,25	0,30
0,49	0,30	0,34
0,51	0,35	0,36
0,52	0,40	0,37
0,52	0,45	0,37
0,52	0,50	0,37

Çizelge 4.26. 100Hz Örnek-8'in deneysel verileri

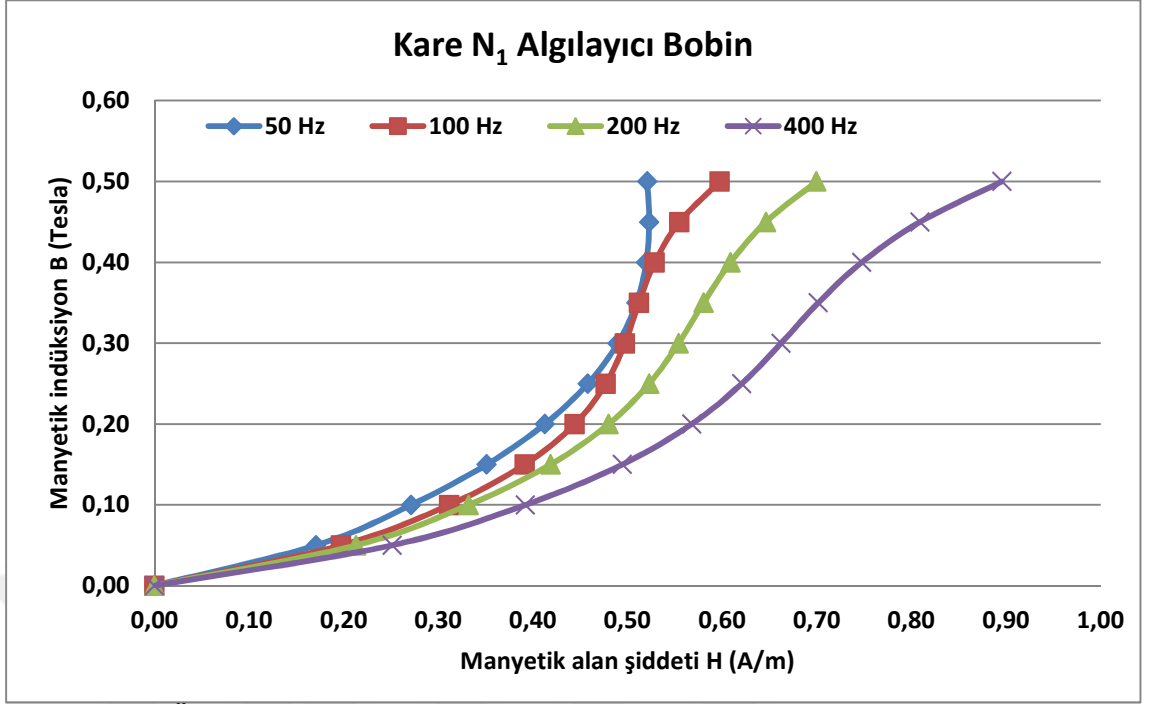
Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,20	0,05	0,07
0,31	0,10	0,11
0,39	0,15	0,16
0,44	0,20	0,21
0,48	0,25	0,25
0,50	0,30	0,28
0,51	0,35	0,30
0,53	0,40	0,33
0,55	0,45	0,38
0,60	0,50	0,47

Çizelge 4.27. 100Hz Örnek-8'in deneysel verileri

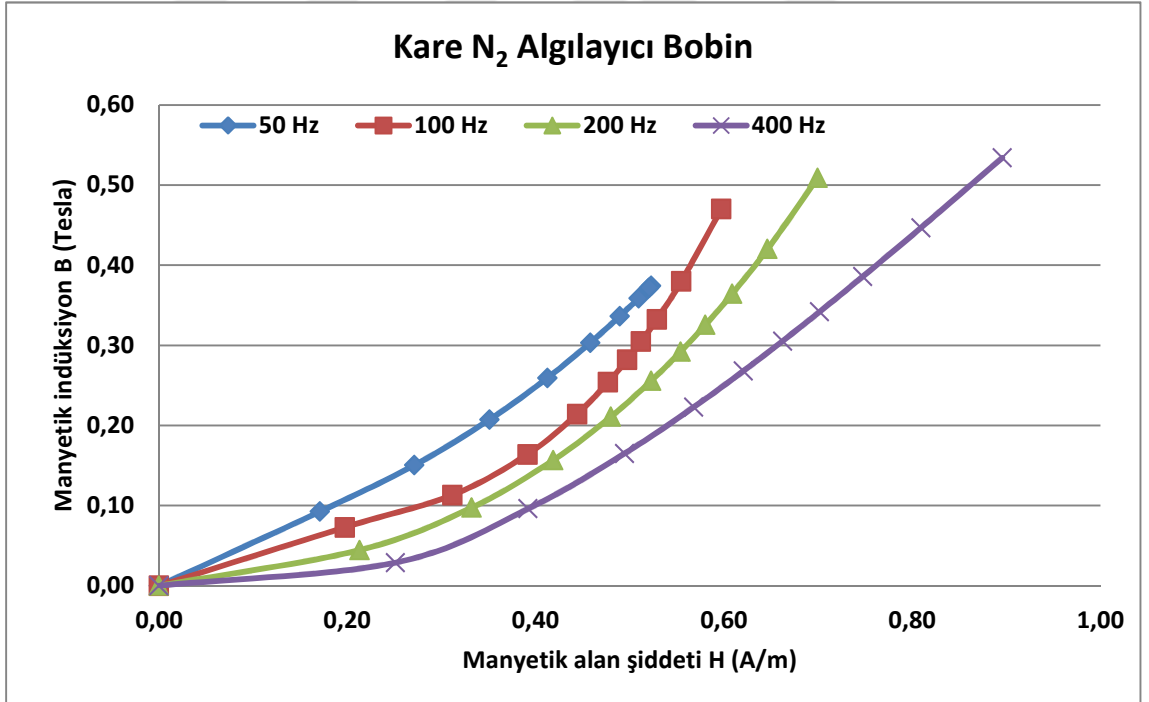
Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,21	0,05	0,04
0,33	0,10	0,10
0,42	0,15	0,16
0,48	0,20	0,21
0,52	0,25	0,26
0,55	0,30	0,29
0,58	0,35	0,33
0,61	0,40	0,36
0,65	0,45	0,42
0,70	0,50	0,51

Çizelge 4.28. 200Hz Örnek-8'in deneysel verileri

Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,25	0,05	0,03
0,39	0,10	0,10
0,49	0,15	0,17
0,57	0,20	0,22
0,62	0,25	0,27
0,66	0,30	0,31
0,70	0,35	0,34
0,75	0,40	0,39
0,81	0,45	0,45
0,90	0,50	0,53



Şekil 4.13. Örnek-8 (Kare)'in N_1 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik induksiyonunun B (T), manyetik alan şiddeti H (A/m) ile değişimi



Şekil 4.14. Örnek-8 (Kare)'in N_2 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik induksiyonunun B (T), manyetik alan şiddeti H (A/m) ile değişimi

4.2.4. Örnek-9'un deneysel verileri

Örnek-9 (Eşkenar Dörtgen Geometrik Şekli)'nin deneysel verileri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.29. 50Hz Örnek-9'un deneysel verileri

Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,17	0,05	0,09
0,27	0,10	0,19
0,35	0,15	0,30
0,41	0,20	0,40
0,46	0,25	0,48
0,49	0,30	0,55
0,51	0,35	0,59
0,52	0,40	0,61
0,52	0,45	0,62
0,52	0,50	0,62

Çizelge 4.30. 100Hz Örnek-9'un deneysel verileri

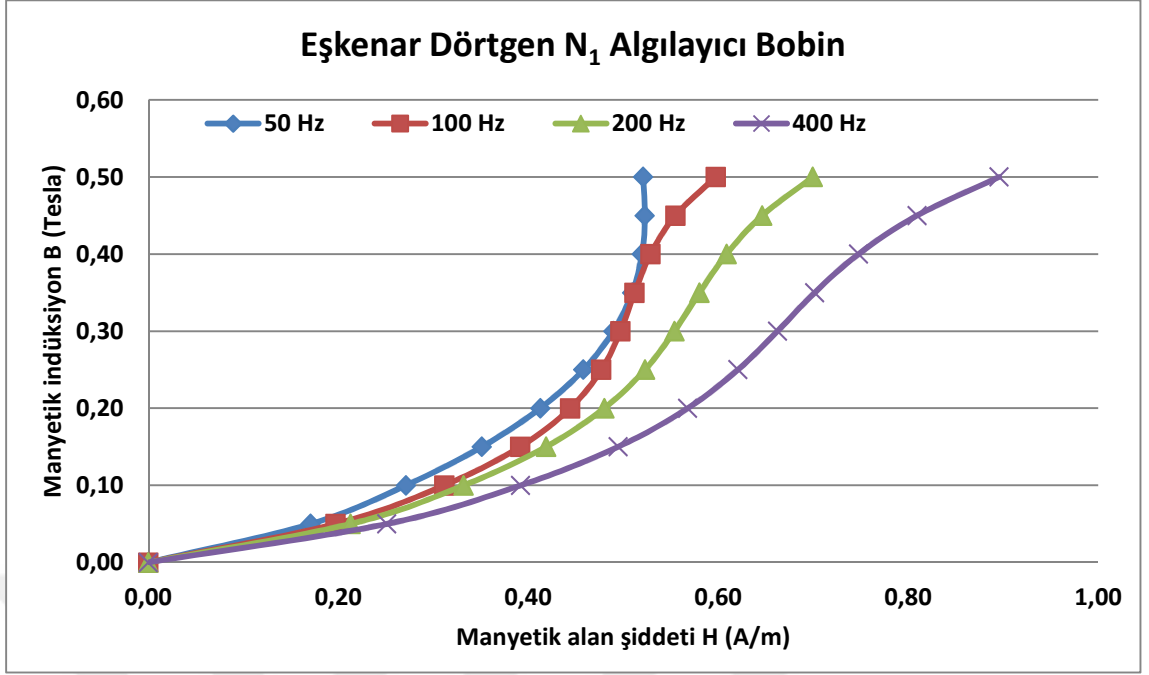
Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N ₁ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N ₂ 'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,20	0,05	0,12
0,31	0,10	0,14
0,39	0,15	0,20
0,44	0,20	0,26
0,48	0,25	0,31
0,50	0,30	0,34
0,51	0,35	0,36
0,53	0,40	0,39
0,55	0,45	0,43
0,60	0,50	0,52

Çizelge 4.31. 200Hz Örnek-9'un deneysel verileri

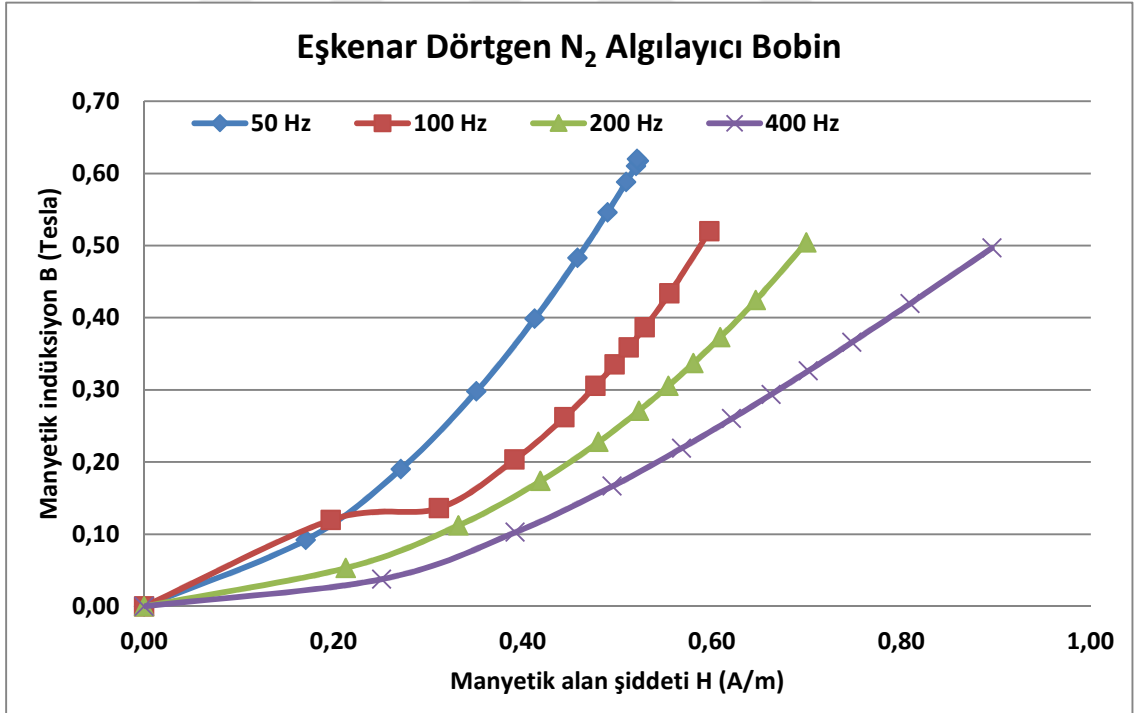
Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N1'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N2'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,21	0,05	0,05
0,33	0,10	0,11
0,42	0,15	0,17
0,48	0,20	0,23
0,52	0,25	0,27
0,55	0,30	0,31
0,58	0,35	0,34
0,61	0,40	0,37
0,65	0,45	0,42
0,70	0,50	0,50

Çizelge 4.32. 400Hz Örnek-9'un deneysel verileri

Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	N1'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B (Tesla)	N2'de Oluşan Manyetik Akı Yoğunluğu B(Tesla)
0,00	0,00	0,00
0,25	0,05	0,04
0,39	0,10	0,10
0,49	0,15	0,17
0,57	0,20	0,22
0,62	0,25	0,26
0,66	0,30	0,29
0,70	0,35	0,33
0,75	0,40	0,37
0,81	0,45	0,42
0,90	0,50	0,50



Şekil 4.15. Örnek-9 (Eşkenar Dörtgen)'un N_1 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun B (T), manyetik alan şiddeti H (A/m) ile değişimi



Şekil 4.16. Örnek-9 (Eşkenar Dörtgen)'un N_2 algılayıcı bobin için farklı frekanslarda manyetik indüksiyonunun B (T), manyetik alan şiddeti H (A/m) ile değişimi

Buraya kadar gördüğümüz gibi bobinlerden algıladığımız sinüs sinyallerinden ve ölçü aletlerimizden aldığımız veriler ışığında hesapladığımız veriler ile B-H eğrilerini çizmeye çalıştık. B-H eğrilerini her bir deney parçamız ve her bir geometrik şekil için ayrı ayrı hesaplayıp çizdirdik.

Bildiğimiz gibi B-H eğrisi bize manyetik özellikler hakkında birçok bilgi sağladığı gibi manyetik kayıplar hakkında bize bilgi sunmaktadır. Bu hesaplamaları ve deneyleri gerek Lazer kesim deney parçaları gerekse su jeti kesim deney parçaları ile ayrı ayrı tekrarladık. Bu verileri incelediğimizde geometrik şekillerin hangi frekans değerlerinde manyetik kayıpların fazlalaştığı ya da tam tersi hangi frekans değerlerinde manyetik kayıpların az olduğunu anlıyoruz. Örneğin bazı frekans değerlerinde geometrik şekillerin etrafındaki manyetik alan daha çabuk doyuma giderken bazılarında ise daha yavaş doyuma gitmiştir. (Manyetik doyum; bir ortamın alabileceği yada olabileceği maksimum manyetik alan şiddetidir.) Belirtmek gerekir ki görüldüğü üzere biz bu bilgiyi geometrik şekillerin etrafına koyduğumuz 45⁰' deki algılayıcı bobinin B-H eğrisinden anlıyoruz. Buradaki deneysel yorumları ayrı bir başlık altında diğer deneysel veri karşılaştırmalarından sonra ayrıntılı olarak vererek devam ettireceğiz.

4.3. Lazer Kesim ve Su Jeti Kesim Deney Parçalarının Deneysel Sonuçlarının

Frekansa Göre ve Manyetik Akıya Göre İncelenmesi

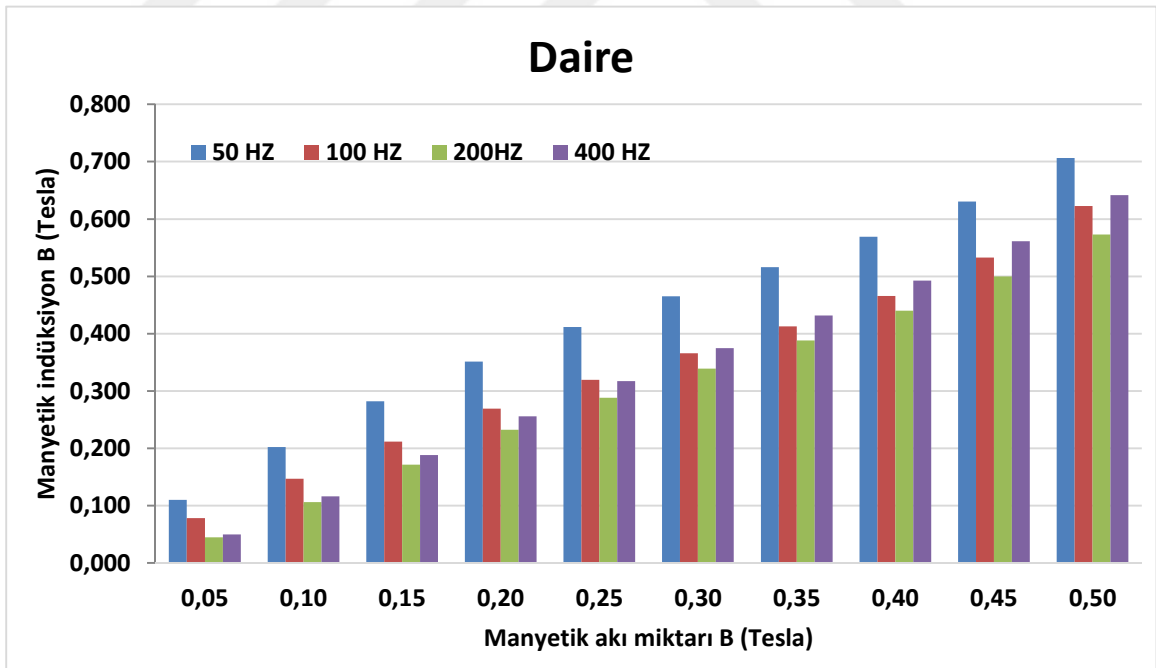
Buraya kadar incelemelerimizde deneysel parçalarımızın geometrik kesime göre histeresiz eğrisinin ilk görünümü olan B-H eğrilerini vermeye çalıştık. Bu kısımda ise hangi geometrik kesim şeklimizin manyetik kayıp açısından daha verimli olduğunu kesin olarak irdelleyeceğiz.

4.3.1. Frekansa göre lazer kesim deneysel parçaların deneysel sonuçlarının karşılaştırılması

4.3.1.1. Daire geometrik şekli

Çizelge 4.33. Daire geometrik şeklinin frekans değerlerine göre indüklenen manyetik akı değerleri

DAİRE	50 HZ	100 HZ	200HZ	400 HZ
ANA BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE
OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK
AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)
0,05	0,110	0,078	0,045	0,050
0,10	0,202	0,147	0,106	0,117
0,15	0,282	0,212	0,171	0,188
0,20	0,351	0,269	0,233	0,256
0,25	0,411	0,320	0,288	0,317
0,30	0,465	0,366	0,339	0,375
0,35	0,516	0,413	0,388	0,432
0,40	0,569	0,466	0,440	0,493
0,45	0,630	0,533	0,500	0,561
0,50	0,706	0,623	0,573	0,642

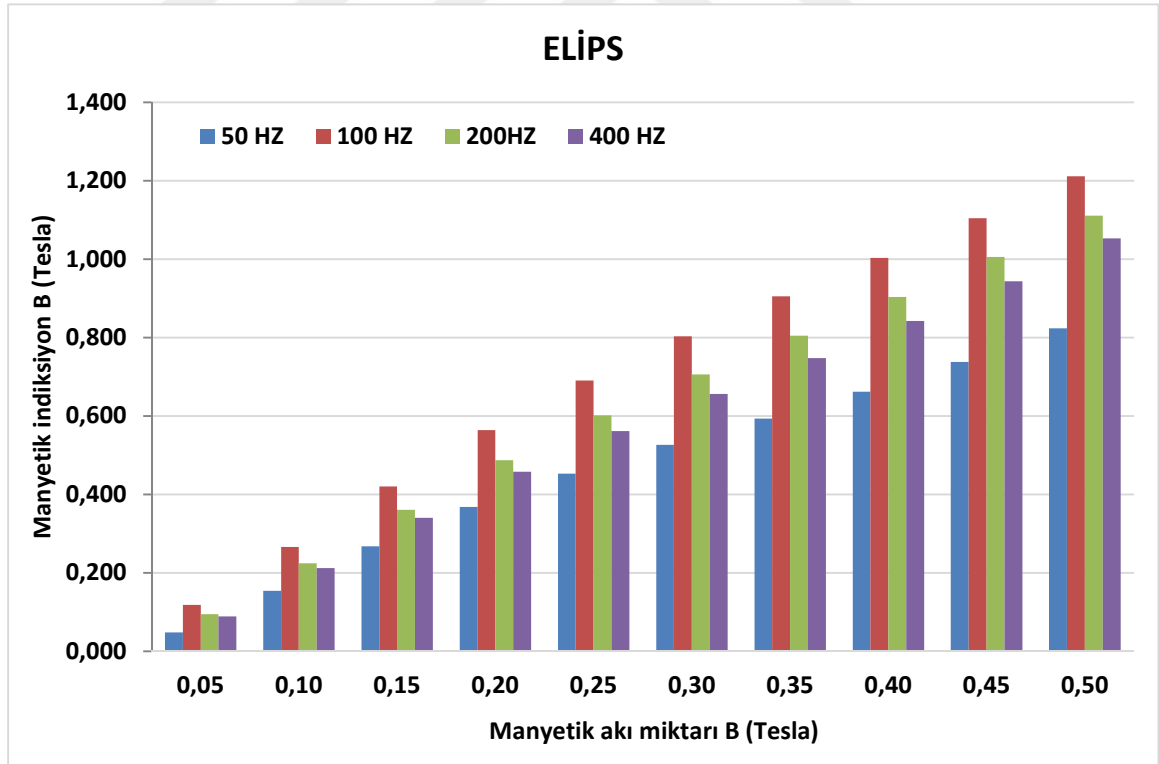


Şekil 4.17. Daire Geometrik Şeklinin aynı manyetik alan şiddeti değerinde, farklı frekans değerlerinde N₂ algılayıcı bobinde indüklenen manyetik indüksiyonun B (T)'nin karşılaştırılması

4.3.1.2. Elips geometrik şekli

Çizelge 4.34. Elips geometrik şeklinin frekans değerlerine göre indüklenen manyetik akı değerleri

ELİPS	50 HZ	100 HZ	200HZ	400 HZ
ANA BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE
OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)
0,05	0,048	0,118	0,094	0,089
0,10	0,154	0,266	0,224	0,212
0,15	0,267	0,421	0,360	0,340
0,20	0,368	0,564	0,487	0,458
0,25	0,453	0,691	0,602	0,562
0,30	0,526	0,803	0,706	0,657
0,35	0,593	0,905	0,805	0,748
0,40	0,662	1,004	0,904	0,842
0,45	0,738	1,104	1,006	0,944
0,50	0,824	1,212	1,111	1,053

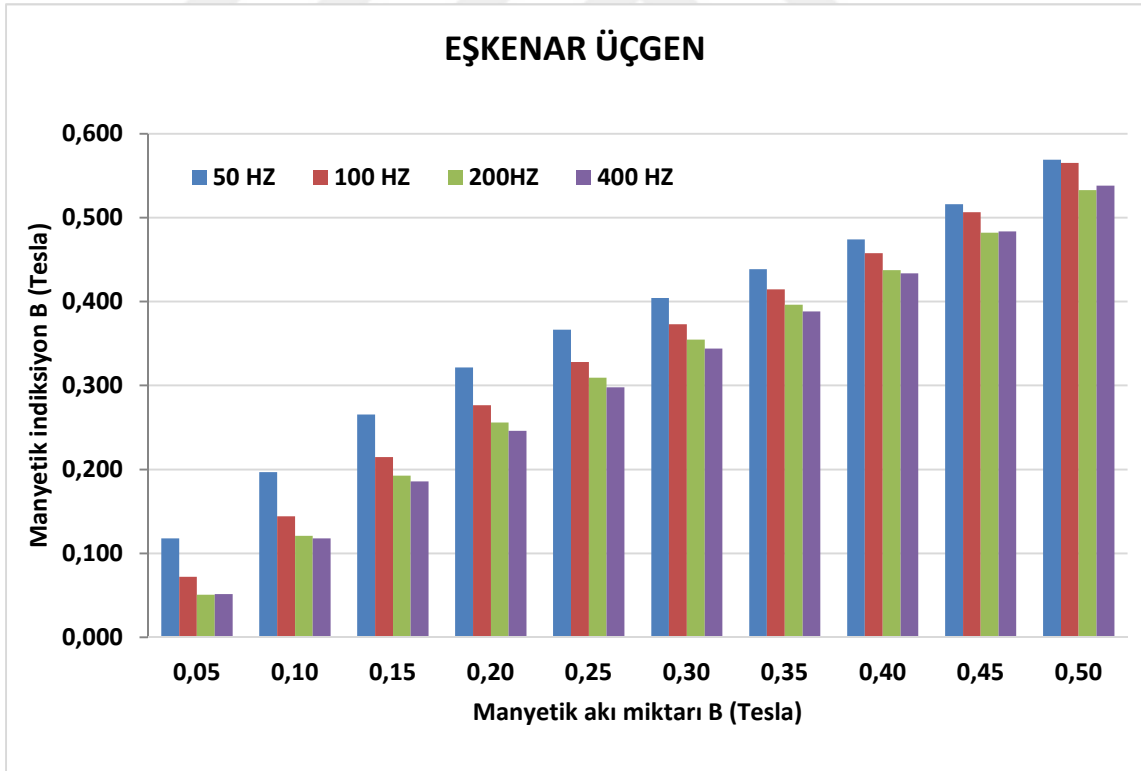


Şekil 4.18. Elips geometrik şeklinin aynı manyetik alan şiddeti değerinde, farklı frekans değerlerinde N₂ algılayıcı bobinde indüklenen manyetik indüksiyonun B (T)'nin karşılaştırılması

4.3.1.3. Eşkenar üçgen geometrik şekli

Çizelge 4.35. Eşkenar üçgen geometrik şeklinin frekanslara göre indüklenen manyetik akı değerleri

ÜÇGEN	50 HZ	100 HZ	200HZ	400 HZ
ANA BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE
OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK
AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)
0,05	0,118	0,072	0,051	0,052
0,10	0,197	0,144	0,121	0,118
0,15	0,265	0,215	0,193	0,186
0,20	0,321	0,276	0,256	0,246
0,25	0,367	0,328	0,309	0,298
0,30	0,404	0,373	0,355	0,344
0,35	0,439	0,414	0,396	0,388
0,40	0,474	0,458	0,437	0,434
0,45	0,516	0,507	0,482	0,484
0,50	0,569	0,565	0,533	0,538

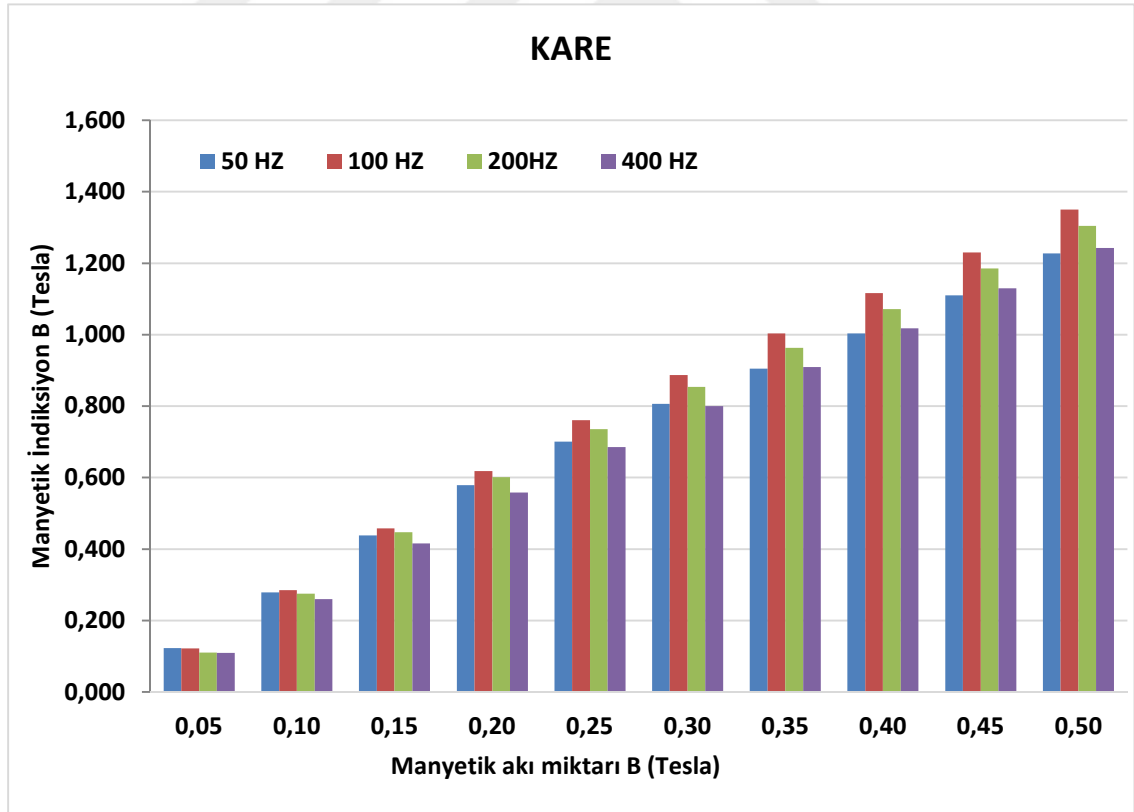


Şekil 4.19. Eşkenar üçgen geometrik şeklinin aynı manyetik alan şiddeti değerinde, farklı frekans değerlerinde N_2 algılayıcı bobinde indüklenen manyetik indüksiyonun B (T)'nin karşılaştırılması

4.3.1.4. Kare geometrik şekli

Çizelge 4.36. Kare geometrik şeklinin frekans değerlerine göre indüklenen manyetik akı değerleri

KARE	50 HZ	100 HZ	200HZ	400 HZ
ANA BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)
0,05	0,123	0,122	0,110	0,109
0,10	0,279	0,286	0,276	0,260
0,15	0,438	0,458	0,447	0,416
0,20	0,579	0,618	0,602	0,559
0,25	0,701	0,761	0,736	0,686
0,30	0,806	0,887	0,854	0,801
0,35	0,905	1,004	0,963	0,909
0,40	1,003	1,116	1,072	1,018
0,45	1,110	1,230	1,185	1,130
0,50	1,227	1,350	1,305	1,243



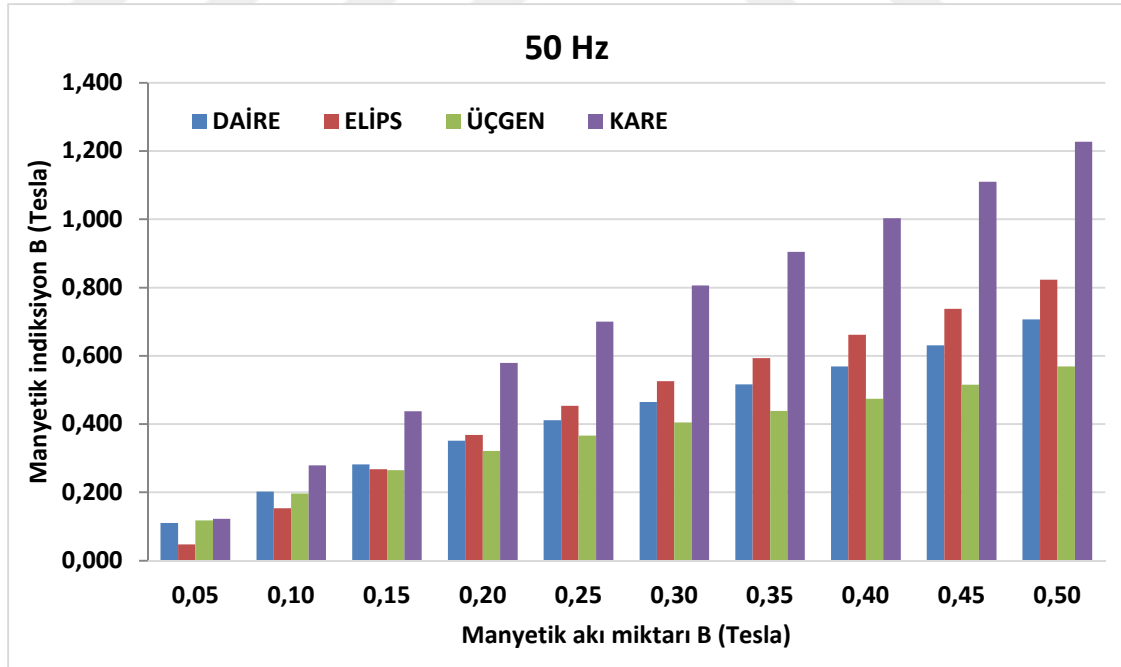
Şekil 4.20. Kare geometrik şeklinin aynı manyetik alan şiddeti değerinde, farklı frekans değerlerinde N_2 algılayıcı bobinde indüklenen manyetik indüksiyonun B (T)'nin karşılaştırılması

4.3.2. Lazer kesim örneklerinin sabit frekansta aynı manyetik alandaki akı karşılaştırılması

4.3.2.1. 50 Hz'de indüklenen akı miktarları

Çizelge 4.37. 50 Hz frekans karşılığında geometrik şekillerin indüklenen manyetik akı karşılaştırılması

	DAİRE	ELİPS	ÜÇGEN	KARE
ANA BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE
OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)
0,05	0,110	0,048	0,118	0,123
0,10	0,202	0,154	0,197	0,279
0,15	0,282	0,267	0,265	0,438
0,20	0,351	0,368	0,321	0,579
0,25	0,411	0,453	0,367	0,701
0,30	0,465	0,526	0,404	0,806
0,35	0,516	0,593	0,439	0,905
0,40	0,569	0,662	0,474	1,003
0,45	0,630	0,738	0,516	1,110
0,50	0,706	0,824	0,569	1,227

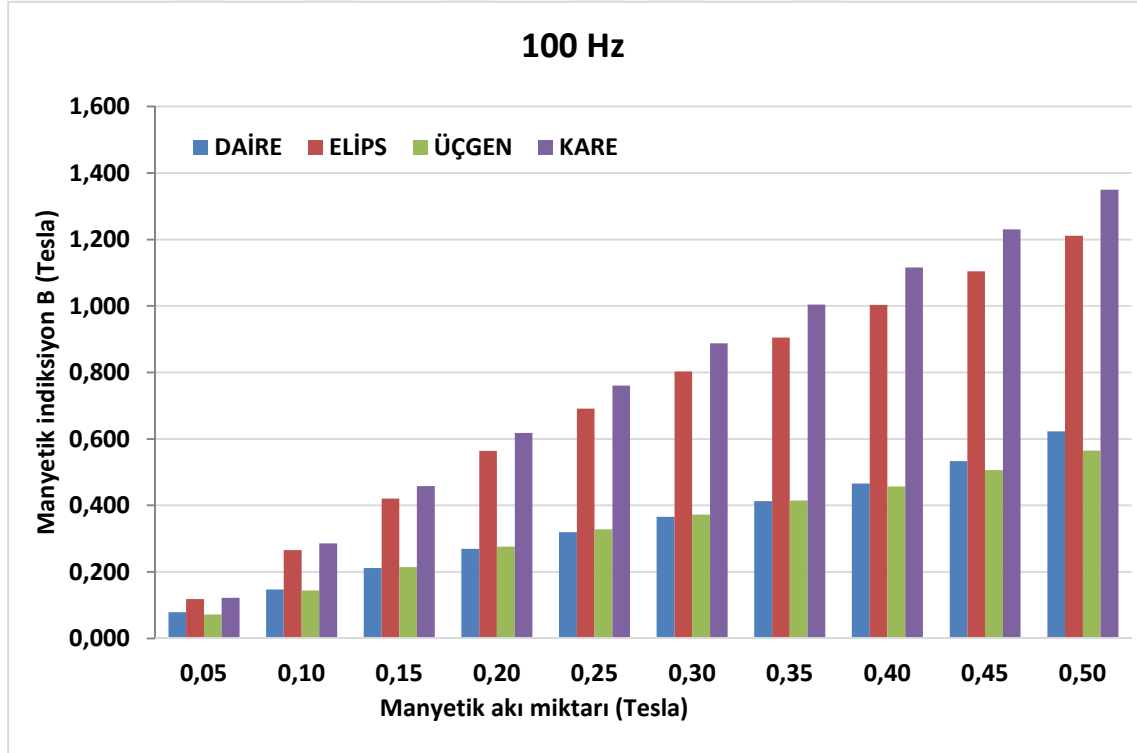


Şekil 4.21. Farklı geometrik şekillerin 50 Hz frekans değerinde ve aynı manyetik alan şiddeti değerlerinde, N₂ de indüklenen manyetik indüksiyonun B (T)'nin karşılaştırılması

4.3.2.2. 100 Hz'de indüklenen akı miktarları

Çizelge 4.38. 100 Hz frekans karşılığında geometrik şekillerin indüklenen manyetik akı karşılaştırılması

	DAİRE	ELİPS	ÜÇGEN	KARE
ANA BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)
0,05	0,078	0,118	0,072	0,122
0,10	0,147	0,266	0,144	0,286
0,15	0,212	0,421	0,215	0,458
0,20	0,269	0,564	0,276	0,618
0,25	0,320	0,691	0,328	0,761
0,30	0,366	0,803	0,373	0,887
0,35	0,413	0,905	0,414	1,004
0,40	0,466	1,004	0,458	1,116
0,45	0,533	1,104	0,507	1,230
0,50	0,623	1,212	0,565	1,350

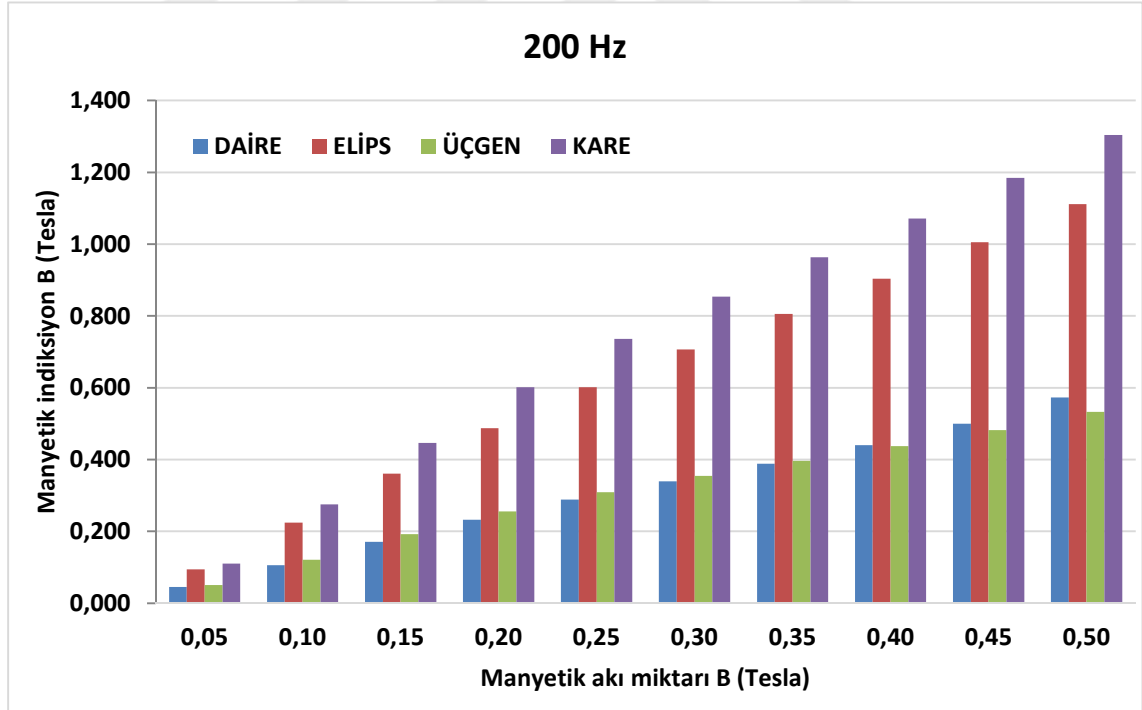


Şekil 4.22. Farklı geometrik şekillerin 100 Hz frekans değerinde ve aynı manyetik alan şiddeti değerlerinde, N_2 de indüklenen manyetik indüksiyonun B (T)'nin karşılaştırılması

4.3.2.3. 200 Hz'de indüklenen akı miktarı

Çizelge 4.39. 200 Hz frekans karşılığında geometrik şekillerin indüklenen manyetik akı karşılaştırılması

	DAİRE	ELİPS	ÜÇGEN	KARE
ANA BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE
OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK
AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)
0,05	0,045	0,094	0,051	0,110
0,10	0,106	0,224	0,121	0,276
0,15	0,171	0,360	0,193	0,447
0,20	0,233	0,487	0,256	0,602
0,25	0,288	0,602	0,309	0,736
0,30	0,339	0,706	0,355	0,854
0,35	0,388	0,805	0,396	0,963
0,40	0,440	0,904	0,437	1,072
0,45	0,500	1,006	0,482	1,185
0,50	0,573	1,111	0,533	1,305

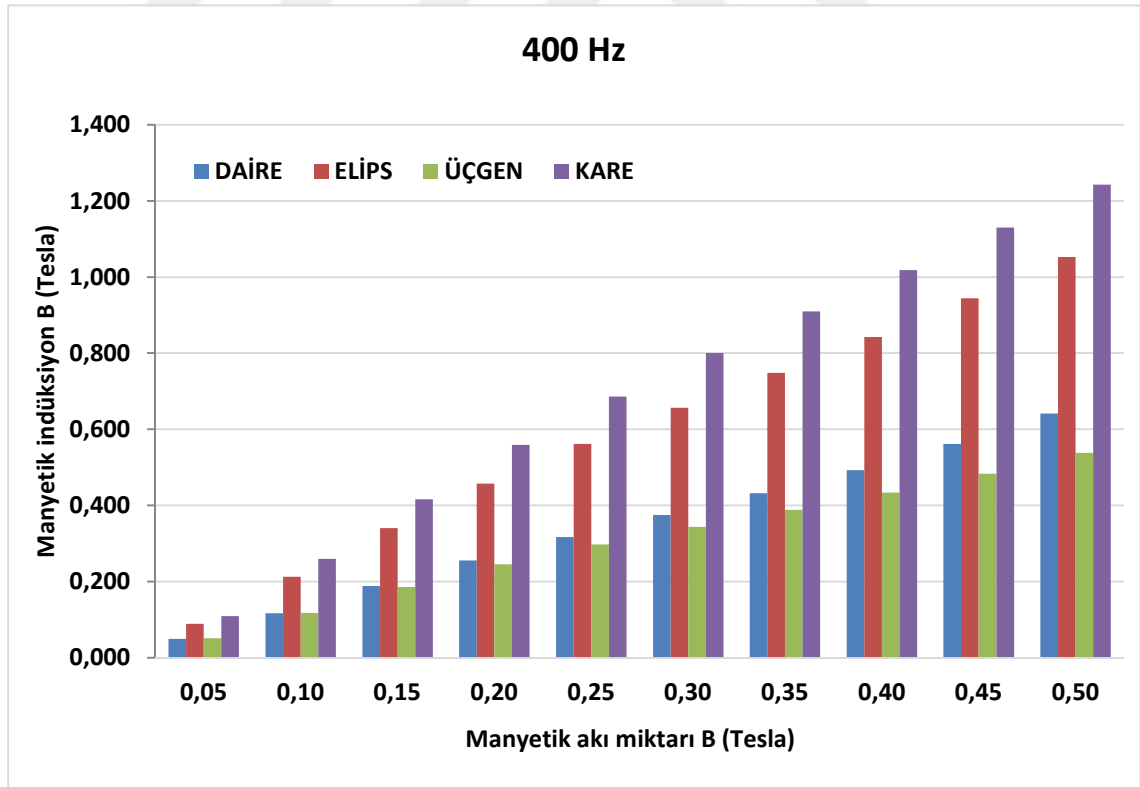


Şekil 4.23. Farklı geometrik şekillerin 200 Hz frekans değerinde ve aynı manyetik alan şiddeti değerlerinde, N_2 de indüklenen manyetik indüksiyonun B (T)'nin karşılaştırılması

4.3.2.4. 400 Hz'de indüklenen akı miktarı

Çizelge 4.40. 400 Hz frekans karşılığında geometrik şekillerin indüklenen manyetik akı karşılaştırılması

	DAİRE	ELİPS	ÜÇGEN	KARE
ANA BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)
0,05	0,050	0,089	0,052	0,109
0,10	0,117	0,212	0,118	0,260
0,15	0,188	0,340	0,186	0,416
0,20	0,256	0,458	0,246	0,559
0,25	0,317	0,562	0,298	0,686
0,30	0,375	0,657	0,344	0,801
0,35	0,432	0,748	0,388	0,909
0,40	0,493	0,842	0,434	1,018
0,45	0,561	0,944	0,484	1,130
0,50	0,642	1,053	0,538	1,243



Şekil 4.24. Farklı geometrik şekillerin 400 Hz frekans değerinde ve aynı manyetik alan şiddeti değerlerinde, N_2 de indüklenen manyetik indüksiyonun B (T)'nin karşılaştırılması

Bu kısımda da gördüğümüz gibi hangi geometrik şeklin manyetik akı kaybı yönünden pozitif ve negatif yönlerini sabit frekans ve farklı frekanslarda belirlemeye çalıştık. İlk basamakta ise “Daire” geometrik şeklinin farklı frekans değerlerinde ve farklı manyetik akı değerlerinde ki bilgiyi veren “Şekil 4.17.” ye baktığımızda “50 Hz” frekans değerinde diğer frekans değerlerine göre manyetik kaybın en az olduğu anlaşılmaktadır. Keza “Elips” geometrik şekline baktığımızda “Şekil 4.18.” e göre “100 Hz” değerinde farklı akı değerlerinde ve diğer frekanslara göre en az manyetik kayba uğradığı görülmektedir. Aynı şekilde “Kare” ve “Eşkenar Üçgen” geometrik şekilleri için “Şekil 4.19.” ve “Şekil 4.20.” ye baktığımızda iki geometrik şekil içinde farklı frekans değerlerinde ve farklı akı değerlerinde kayda değer bir manyetik kazancın olmadığı anlaşılmaktadır.

Bölüm 4.3.2.’deki amacımız ise sabit frekansta farklı geometrik yapılarda aynı manyetik akı değerinde manyetik kayıp kazancı yüzünden en verimli geometrik yapının hangisi olduğuna karar vermeye çalıştık.

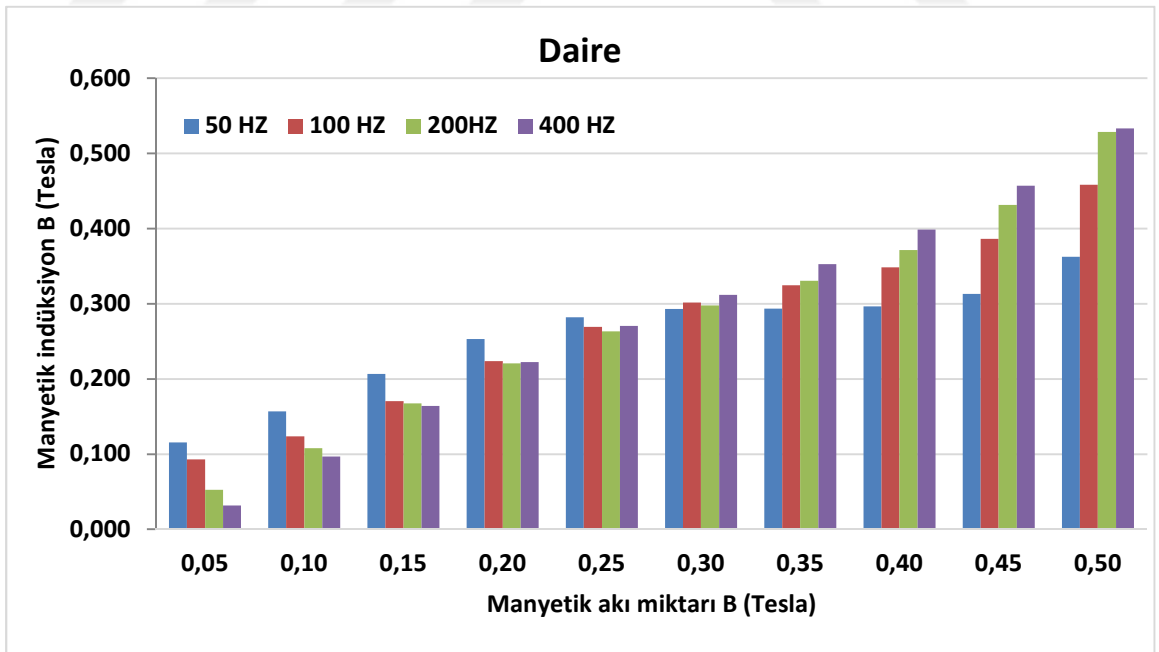
O halde “Şekil 4.21-4.22-4.23 ve 4.24” numaralı grafikleri incelediğimizde manyetik akı yönünden verimin en yüksek olduğu geometrik şeklin “Kare” ve arkasından “Elips” geldiği anlaşılmaktadır.

4.3.3. Su jeti kesim deney örneklerinin değişen frekans değerlerinde manyetik akı karşılaştırılması

4.3.3.1. Daire geometrik şekli

Çizelge 4.41. Daire geometrik şeklinin frekanslara bağlı geometrik şeklinin manyetik akı indüklenmesinin karşılaştırılması

DAİRE	50 HZ	100 HZ	200HZ	400 HZ
ANA BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE
OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)
0,05	0,116	0,093	0,053	0,032
0,10	0,157	0,123	0,108	0,097
0,15	0,207	0,170	0,168	0,164
0,20	0,253	0,224	0,221	0,222
0,25	0,282	0,269	0,263	0,270
0,30	0,293	0,301	0,298	0,312
0,35	0,294	0,325	0,331	0,352
0,40	0,296	0,348	0,371	0,399
0,45	0,313	0,386	0,431	0,457
0,50	0,362	0,458	0,529	0,533

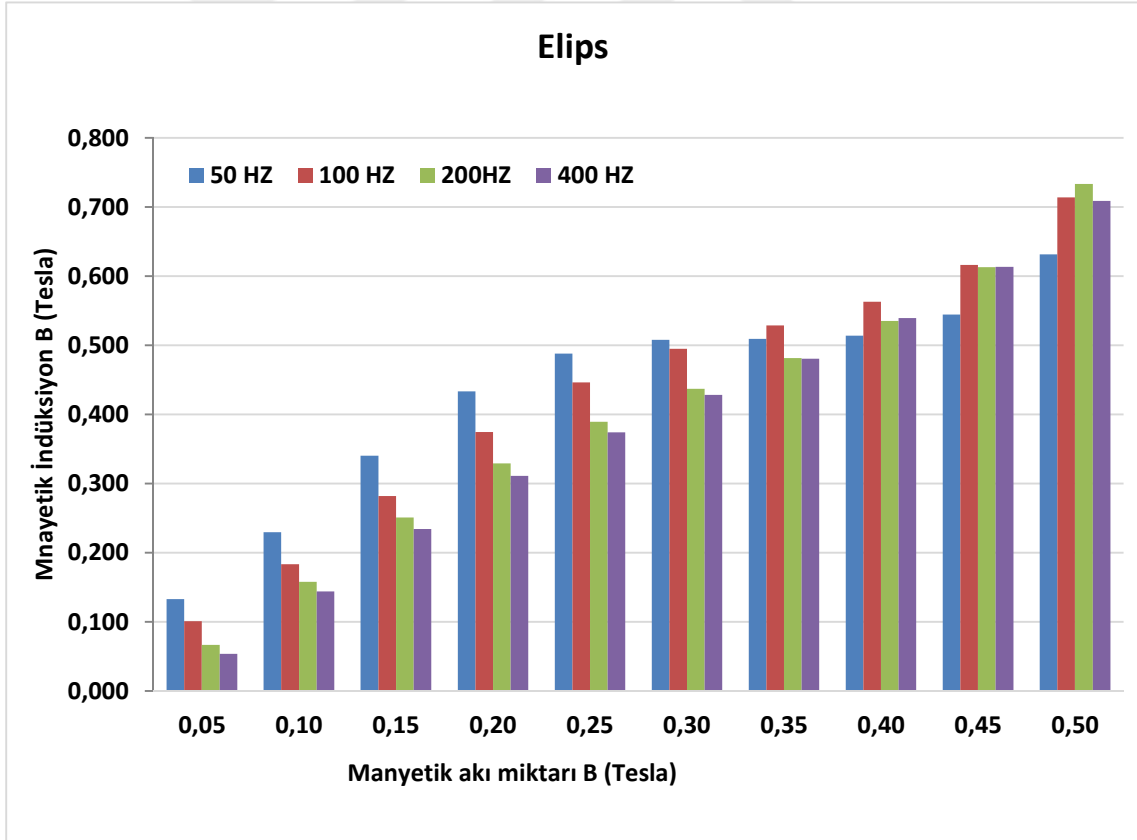


Şekil 4.25. Daire geometrik şeklinin aynı manyetik alan şiddeti değerinde, farklı frekans değerlerinde N₂ algılayıcı bobinde indüklenen manyetik indüksiyonun B (T)'nin karşılaştırılması

4.3.3.2. Elips geometrik şekli

Çizelge 4.42. Elips geometrik şeklinin frekanslara bağlı geometrik şeklinin manyetik akı indüklenmesinin karşılaştırılması

ELİPS	50 HZ	100 HZ	200HZ	400 HZ
ANA BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE
OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK
AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)
0,05	0,133	0,101	0,066	0,054
0,10	0,229	0,183	0,158	0,144
0,15	0,340	0,282	0,251	0,234
0,20	0,433	0,375	0,329	0,311
0,25	0,488	0,446	0,389	0,374
0,30	0,508	0,495	0,437	0,428
0,35	0,509	0,529	0,482	0,480
0,40	0,514	0,563	0,535	0,539
0,45	0,544	0,616	0,613	0,613
0,50	0,631	0,714	0,733	0,709

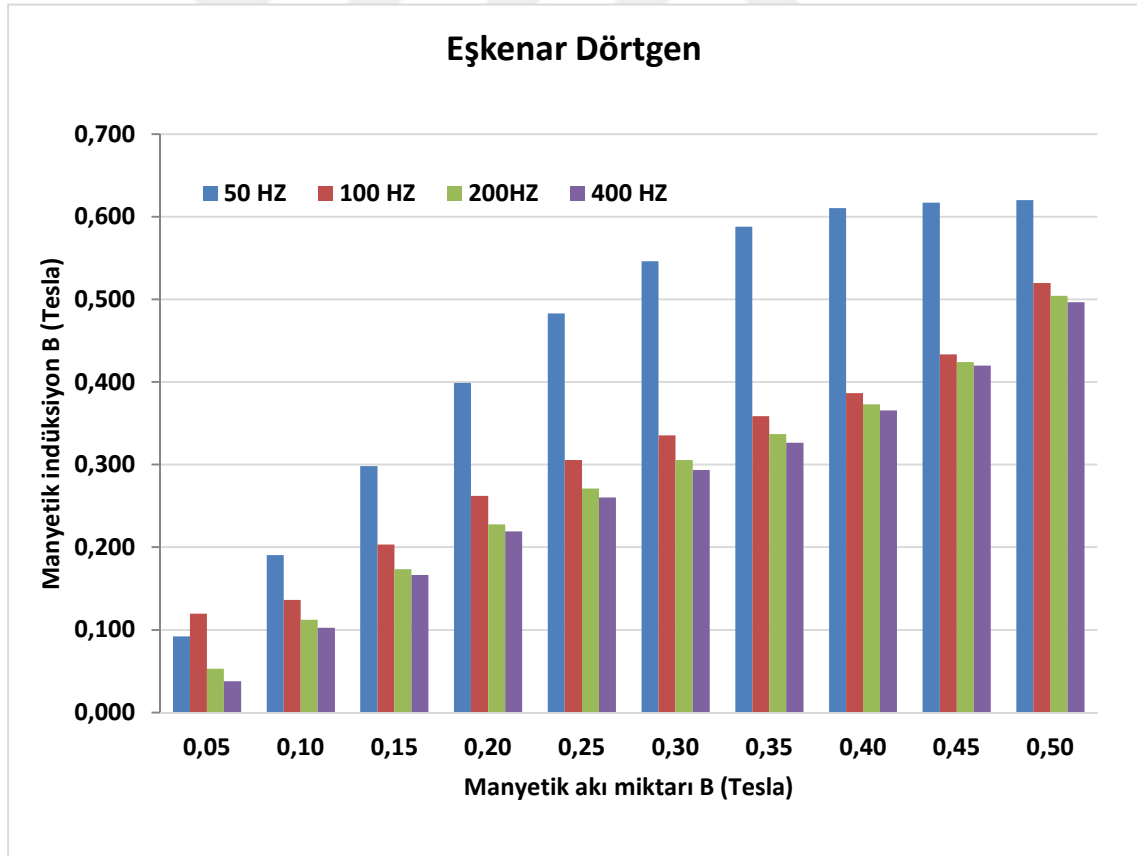


Şekil 4.26. Elips Geometrik Şeklinin aynı manyetik alan şiddeti değerinde, farklı frekans değerlerinde N_2 algılayıcı bobinde indüklenen manyetik indüksiyonun B (T)'nin karşılaştırılması

4.3.3.3. Eşkenar dörtgen geometrik şekli

Çizelge 4.43. Eşkenar dörtgen geometrik şeklinin frekanslara bağlı geometrik şeklinin manyetik akı indüklenmesinin karşılaştırılması

EŞKENAR DÖRTGEN	50 HZ	100 HZ	200HZ	400 HZ
ANA BOBİNDE OLUŞAN	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE
MANYETİK AKI(TESLA)	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK
	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)
0,05	0,092	0,120	0,053	0,038
0,10	0,190	0,136	0,112	0,103
0,15	0,298	0,203	0,174	0,167
0,20	0,399	0,262	0,228	0,219
0,25	0,483	0,306	0,271	0,260
0,30	0,546	0,335	0,306	0,294
0,35	0,588	0,359	0,337	0,326
0,40	0,610	0,387	0,373	0,366
0,45	0,617	0,433	0,424	0,420
0,50	0,620	0,520	0,504	0,497

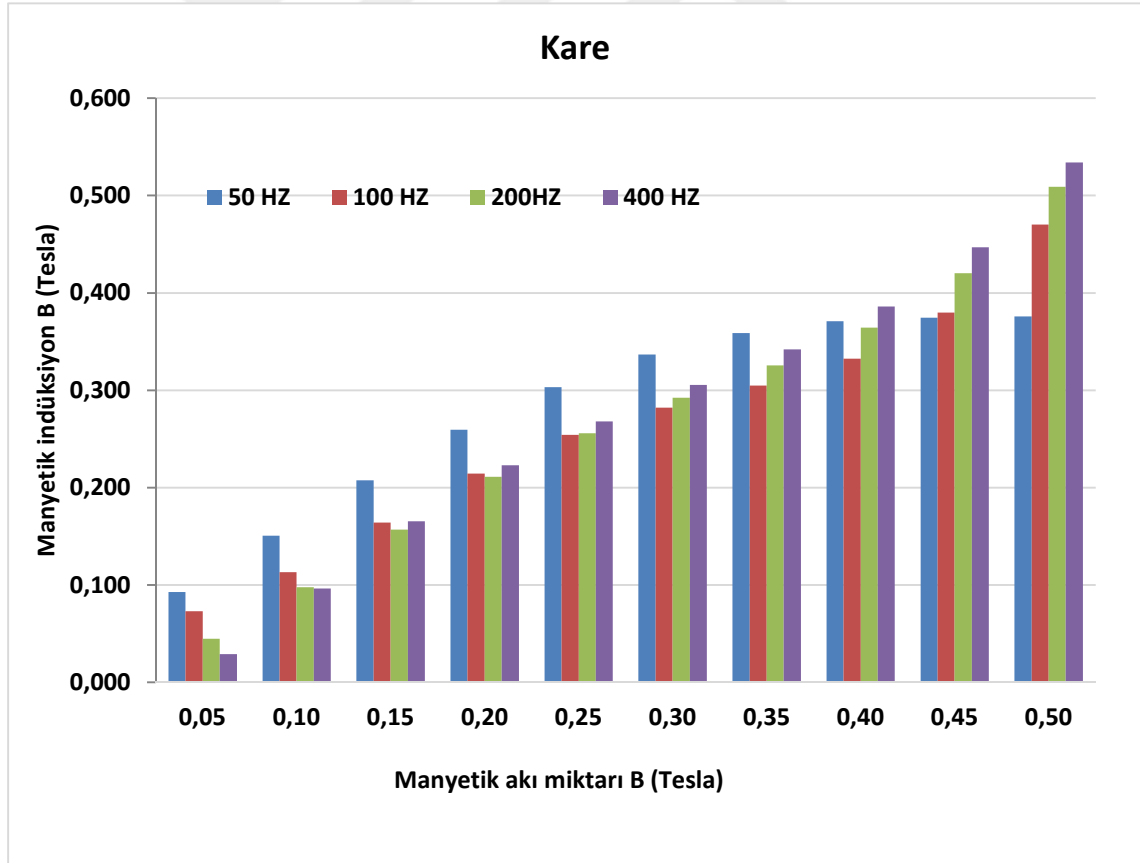


Şekil 4.27. Eşkenar dörtgen geometrik şeklinin aynı manyetik alan şiddeti değerinde, farklı frekans değerlerinde N₂ algılayıcı bobinde indüklenen manyetik indüksiyonun B (T)'nin karşılaştırılması

4.3.3.4. Kare geometrik şekli

Çizelge 4.44. Kare geometrik şeklinin frekanslara bağlı geometrik şeklinin manyetik akı indüklenmesinin karşılaştırılması

KARE	50 HZ	100 HZ	200HZ	400 HZ
ANA BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)
0,05	0,093	0,073	0,045	0,029
0,10	0,151	0,113	0,098	0,096
0,15	0,207	0,164	0,157	0,165
0,20	0,259	0,214	0,211	0,223
0,25	0,303	0,254	0,256	0,268
0,30	0,337	0,282	0,292	0,305
0,35	0,359	0,305	0,326	0,342
0,40	0,371	0,333	0,364	0,386
0,45	0,374	0,380	0,420	0,447
0,50	0,376	0,470	0,509	0,534



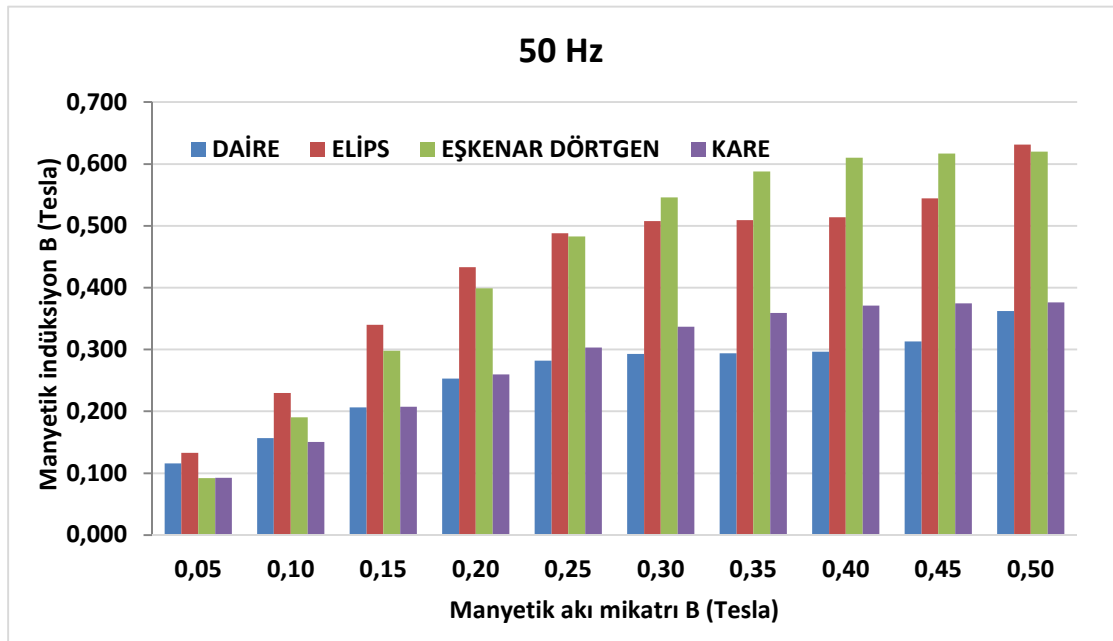
Şekil 4.28. Kare geometrik şeklinin aynı manyetik alan şiddeti değerinde, farklı frekans değerlerinde N_2 algılayıcı bobinde indüklenen manyetik indüksiyonun B (T)'nin karşılaştırılması

4.3.4. Su jeti kesim örneklerinin sabit frekansta aynı manyetik alanda manyetik akı karşılaştırılması

4.3.4.1. 50 Hz değerleri

Çizelge 4.45. 50 Hz frekans karşılığında geometrik şekillerin indüklenen manyetik akı karşılaştırılması

	DAİRE	ELİPS	EŞKENAR DÖRTGEN	KARE
ANA BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE
OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK
AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)
0,05	0,116	0,133	0,092	0,093
0,10	0,157	0,229	0,190	0,151
0,15	0,207	0,340	0,298	0,207
0,20	0,253	0,433	0,399	0,259
0,25	0,282	0,488	0,483	0,303
0,30	0,293	0,508	0,546	0,337
0,35	0,294	0,509	0,588	0,359
0,40	0,296	0,514	0,610	0,371
0,45	0,313	0,544	0,617	0,374
0,50	0,362	0,631	0,620	0,376

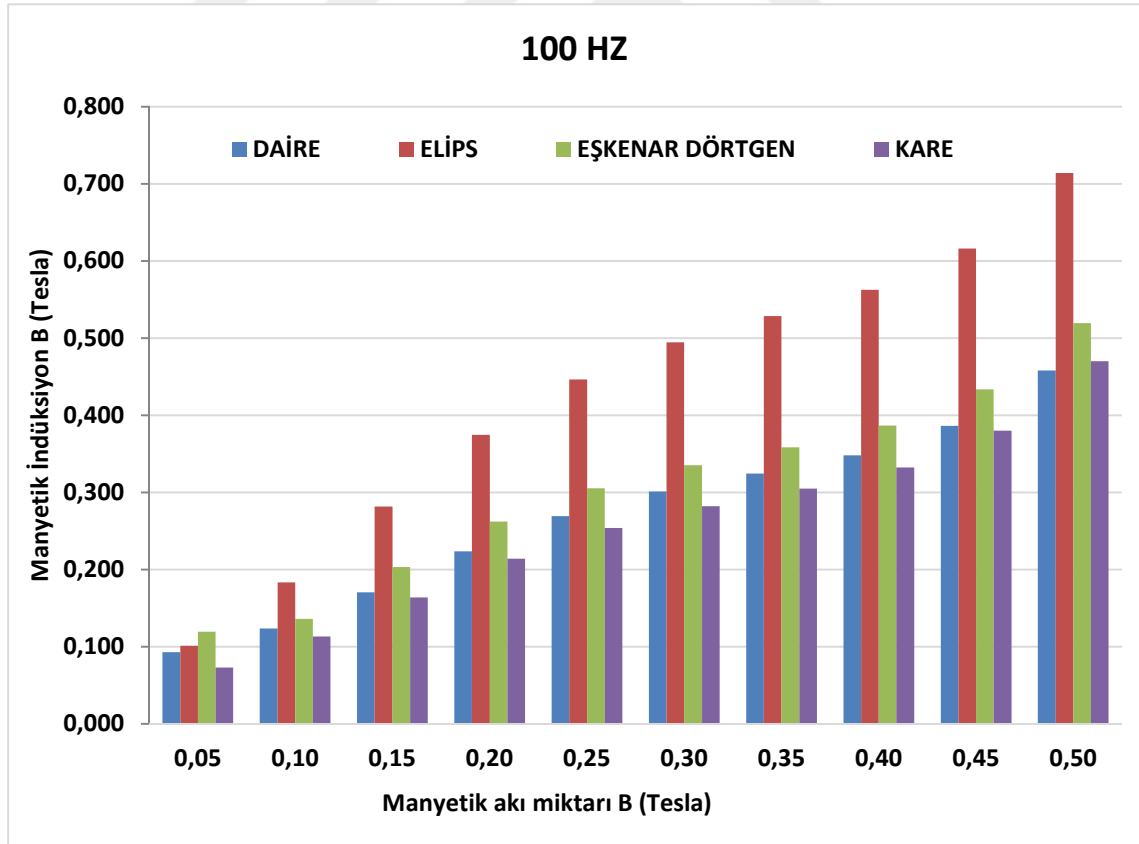


Şekil 4.29. Farklı geometrik şekillerin 50 Hz frekans değerinde ve aynı manyetik alan şiddeti değerlerinde, N_2 de indüklenen manyetik indüksiyonun B (T)'nin karşılaştırılması

4.3.4.2. 100 Hz değerleri

Çizelge 4.46. 100 Hz frekans karşılığında geometrik şekillerin indüklenen manyetik akı karşılaştırılması

	DAİRE	ELİPS	EŞKENAR DÖRTGEN	KARE
ANA BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)	ALGILAYICI BOBİNDE OLUŞAN MANYETİK AKI(TESLA)
0,05	0,093	0,101	0,120	0,073
0,10	0,123	0,183	0,136	0,113
0,15	0,170	0,282	0,203	0,164
0,20	0,224	0,375	0,262	0,214
0,25	0,269	0,446	0,306	0,254
0,30	0,301	0,495	0,335	0,282
0,35	0,325	0,529	0,359	0,305
0,40	0,348	0,563	0,387	0,333
0,45	0,386	0,616	0,433	0,380
0,50	0,458	0,714	0,520	0,470

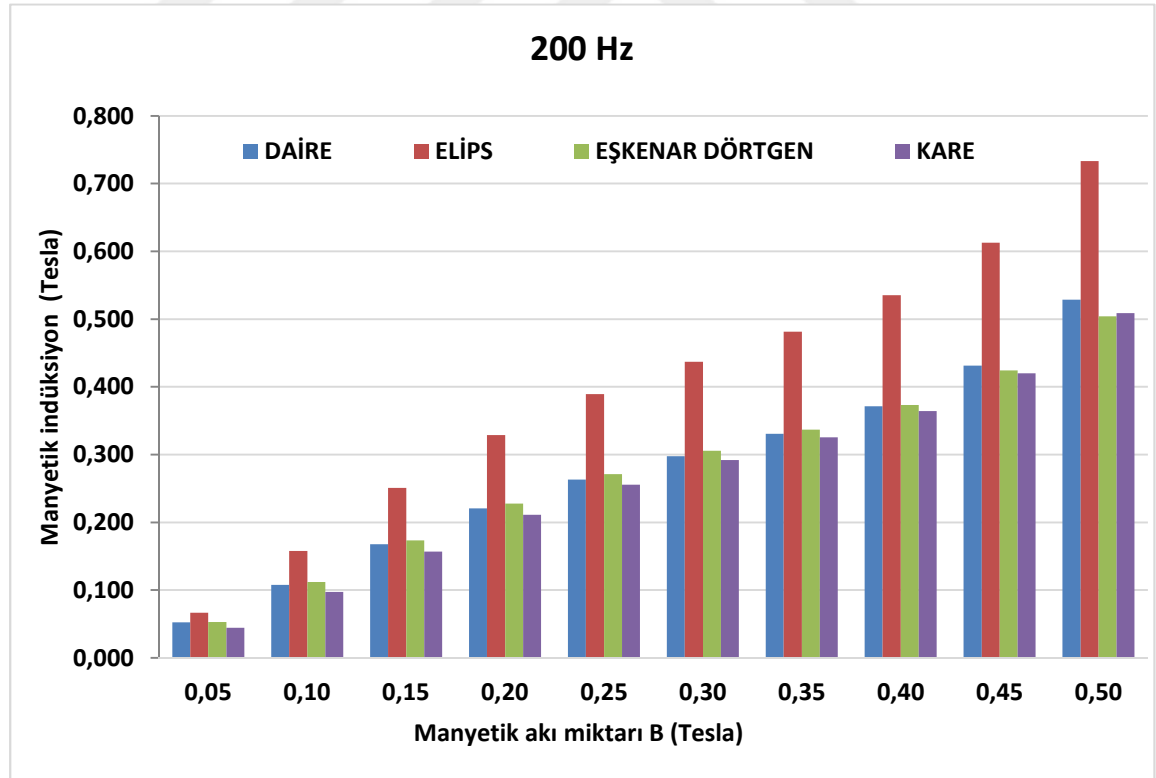


Şekil 4.30. Farklı geometrik şekillerin 100 Hz frekans değerinde ve aynı manyetik alan şiddeti değerlerinde, N₂ de indüklenen manyetik indüksiyonun B (T)'nin karşılaştırılması

4.3.4.3. 200 Hz değerleri

Çizelge 4.47. 200 Hz frekans karşılığında geometrik şekillerin indüklenen manyetik akı karşılaştırılması

	DAİRE	ELİPS	EŞKENAR DÖRTGEN	KARE
ANA BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE
OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK
AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)
0,05	0,053	0,066	0,053	0,045
0,10	0,108	0,158	0,112	0,098
0,15	0,168	0,251	0,174	0,157
0,20	0,221	0,329	0,228	0,211
0,25	0,263	0,389	0,271	0,256
0,30	0,298	0,437	0,306	0,292
0,35	0,331	0,482	0,337	0,326
0,40	0,371	0,535	0,373	0,364
0,45	0,431	0,613	0,424	0,420
0,50	0,529	0,733	0,504	0,509

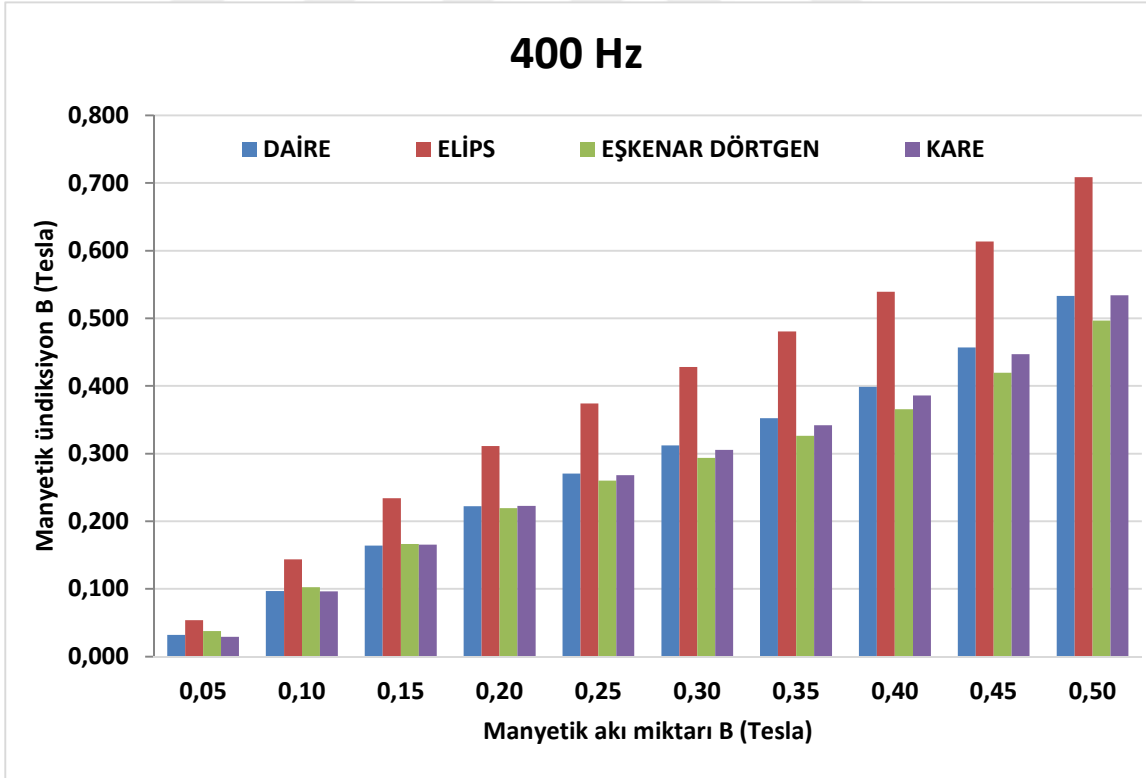


Şekil 4.31. Farklı geometrik şekillerin 200 Hz frekans değerinde ve aynı manyetik alan şiddeti değerlerinde, N_2 de indüklenen manyetik indüksiyonun B (T)'nin karşılaştırılması

4.3.4.4. 400 Hz Değerleri.

Çizelge 4.48. 400 Hz frekans karşılığında geometrik şekillerin indüklenen manyetik akı karşılaştırılması

	DAİRE	ELİPS	EŞKENAR DÖRTGEN	KARE
ANA BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE	ALGILAYICI BOBİNDE
OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK	OLUŞAN MANYETİK
AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)	AKI(TESLA)
0,05	0,032	0,054	0,038	0,029
0,10	0,097	0,144	0,103	0,096
0,15	0,164	0,234	0,167	0,165
0,20	0,222	0,311	0,219	0,223
0,25	0,270	0,374	0,260	0,268
0,30	0,312	0,428	0,294	0,305
0,35	0,352	0,480	0,326	0,342
0,40	0,399	0,539	0,366	0,386
0,45	0,457	0,613	0,420	0,447
0,50	0,533	0,709	0,497	0,534



Şekil 4.32. Farklı geometrik şekillerin 400 Hz frekans değerinde ve aynı manyetik alan şiddeti değerlerinde, N_2 de indüklenen manyetik ündüksiyonun B (T)'nin karşılaştırılması

Bu bölüme bakarsak \square u jeti ile hazırladığımız “Daire” geometrik şeklinin deney verilerini alarak çizdiğimiz Şekil 4.25.’e göre manyetik alan şiddeti yükseldiğinde manyetik akı veriminin yüksek frekans değerlerinde arttığı, ayrı bir deyişle düşük manyetik alan şiddetlerinde manyetik akı veriminin düşük frekans değerlerinde daha iyi olduğu anlaşılmaktadır. Aynı şekilde “Elips” geometrik şekline baktığımızda benzer sonuçla karşılaşmaktayız. Ancak “Daire” ye nazaran daha iyi olduğu anlaşılıyor. Şekil 4.26.’ya baktığımızda yine düşük frekanslar da ”Elips” in manyetik kayıp bakımından veriminin daha fazla olduğu anlaşılıyor. Diğer yandan aynı şekilde frekansa göre karşılaştırmada su jeti kesimde Şekil 4.27.’ye göre düşük frekanslar da “Eşkenar Dörtgen” nin de benzer sonuca sahip olduğumu anlıyoruz. Ek olarak Şekil 4.28.’e göre aynı neredeyse benzer sonuca ulaştığımız görülüyor. “Kare” geometrik şekline baktığımızda düşük frekanslarda düşük manyetik alan şiddetinde verim yüksek iken manyetik alan şiddeti arttığında verim kazancının yüksek frekans lehine kaydığını anlıyoruz. Aynı şekilde kısım 4.3.4.’e baktığımızda geometrik şekillerin sabit frekanslarda karşılaştırılmasında, bütün deneysel verilerle çizilen tüm frekans değerindeki karşılaştırmalarda ilk olarak verim açısından iyi özellik gösterenin “Elips” geometrik şeklinin olduğu hemen göze çarpıyor. Bu deneysel sonuçları daha sonra kısım 5.’de ayrıntılı olarak anlatmaya çalışacağız.

4.4. Lazer Kesim ve Su Jeti Kesim Deney Verilerinin Karşılaştırılması

İlk olarak 4.1. ve 4.2. kısımlarında fiziksel deneylerimiz görüldüğü üzere kesim şeklinden daha çok geometriye bağlı manyetik akı verimliliğini Lazer kesim ve \square u Jeti kesimi ile incelemeye çalıştık. Bu incelememiz esnasında deneysel verilerimiz baz alınarak çizilen B-H eğrilerini kullanarak manyetik akının geometrik şekil etrafında nasıl hareket ettiğini ve manyetik akı verimliliği hakkında fiziksel bir kanıya ulaşmayı amaçladık. Kısım 4.3. bölümünde ise deneysel verileri aynı frekans değeri altında ve aynı manyetik akı miktarında manyetik akının, geometrik şekilleri karşılaştırdığımızda manyetik çeliğin içinde nasıl bir yol izleyeceğini irdledik. Aynı şekilde farklı frekans değerlerinde aynı geometrik şekle bağlı deneysel örneğimizde ve aynı manyetik alanda akının davranışını ayrıyeten tekrar inceleme fırsatı bulduk. Bunları yapmamızdaki amacımız daha önce bu makalenin başında bahsettiğimiz gibi sanayide gerek alternatör gerekse elektrik motorları yapım aşamasında kullanılan “N530” manyetik çeliğimizin

geometrik şekillere bağlı ve kesim şekline bağlı fiziksel şartlar altında hangi geometrik şeklin ve hangi kesim şeklinin uygun olacağını anlamaya çalıştık.

Bu bölümde ise çalışmamızı daha farklı bir noktaya taşıyacağız. Burada ki amacımız ‘‘Daire’’ geometrik şeklinin çapının büyük ya da küçük olma durumunda manyetik akının nasıl davranacağını saptamaya çalışmak olacaktır. Bu çalışmayı ayrıca Lazer kesiminde ve □u jeti kesimindeki etkilerini de araştırarak farklı bir noktaya bağlamış olacağız. Bu şartlar altında daha önce fiziksel ölçüleri ve özelliklerini vermiş olduğumuz örneklerden, Lazer kesim için Örnek-5 ve □u jeti kesim içinde Örnek-10 deneysel örneklerinden elde edilen veriler ile iki kesim şekli arasındaki manyetik kayıp farkını irdeleyeceğiz.

4.4.1. 50 Hz frekans değerindeki karşılaştırmalar

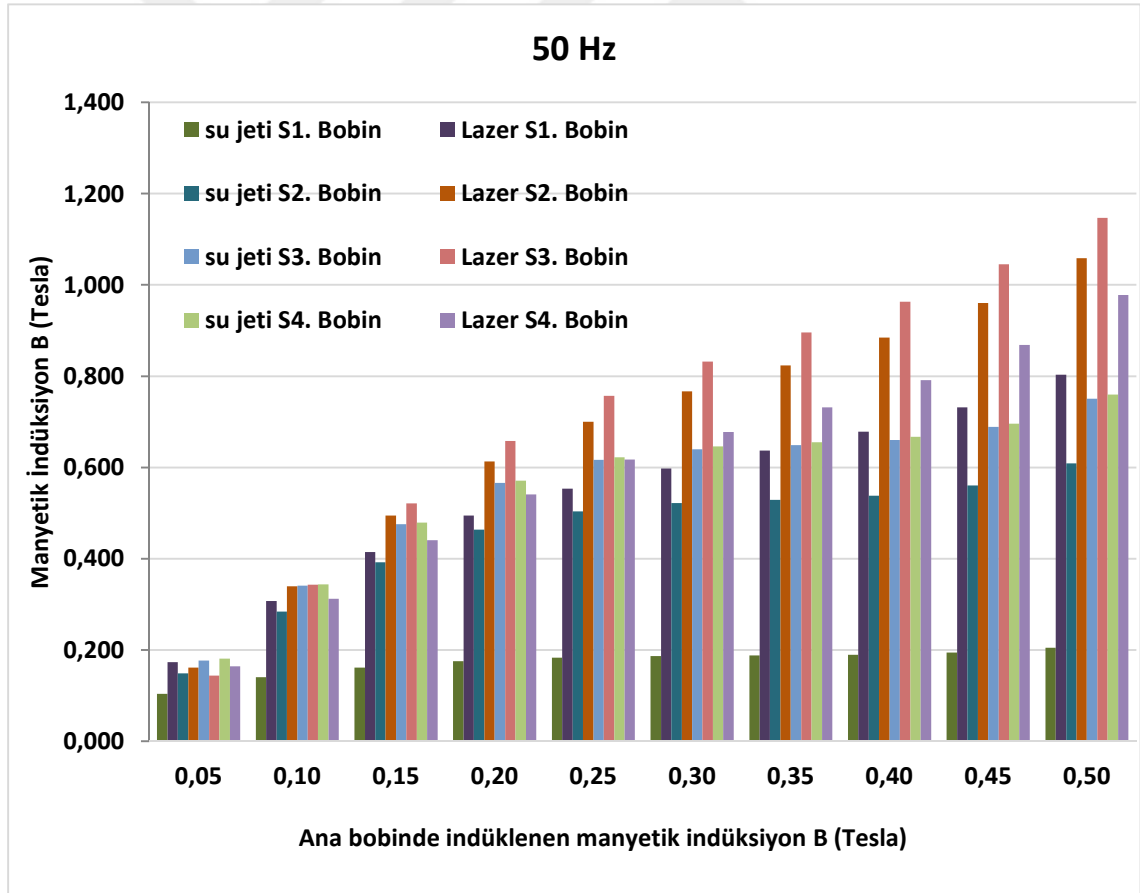
Aşağıda ki tablolarda deneysel veriler için kullandığımız örnek-5 ve örnek-10 materyallerinden alınan veriler ile 50 Hz deki belli değerlerde değişen manyetik alanda BÜYÜK ve KÜÇÜK bobinlerimizdeki manyetik indüklenmenin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu yol kesim şekline bağlı manyetik kayıplar hakkında bilgi edinmemize yardımcı olacaktır.

Çizelge 4.49. Örnek-5 ve Örnek-10 örneklerinin 50 Hz frekans değerinde BÜYÜK dairenin deneysel bobinlerinden geçen akının kesim şekline göre karşılaştırılması

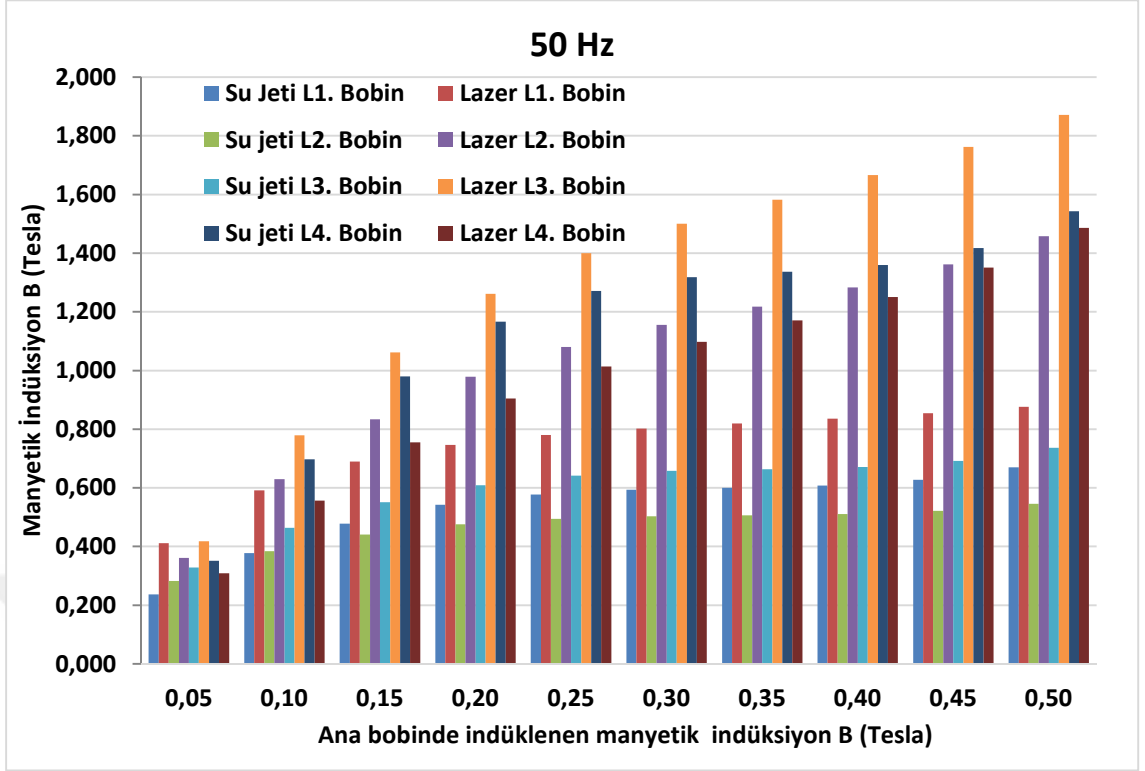
KESİM ŞEKLİ	SU JETİ	LAZER	SU JETİ	LAZER	SU JETİ	LAZER	SU JETİ	LAZER
ANA	BÜYÜK	BÜYÜK	BÜYÜK	BÜYÜK	BÜYÜK	BÜYÜK	BÜYÜK	BÜYÜK
ALGILAYICI	DAİRE	DAİRE L1	DAİRE L2	DAİRE L2	DAİRE L3	DAİRE L3	DAİRE L4	DAİRE L4
BOBİN (TESLA)	L1 BOBİNİ (TESLA)	BOBİNİ (TESLA)	BOBİNİ (TESLA)	BOBİNİ (TESLA)	BOBİNİ (TESLA)	BOBİNİ (TESLA)	BOBİNİ (TESLA)	BOBİNİ (TESLA)
0,05	0,237	0,412	0,283	0,361	0,329	0,417	0,352	0,309
0,10	0,378	0,591	0,384	0,629	0,463	0,779	0,698	0,556
0,15	0,478	0,690	0,441	0,834	0,551	1,061	0,979	0,755
0,20	0,542	0,746	0,475	0,979	0,609	1,262	1,167	0,905
0,25	0,577	0,780	0,494	1,080	0,642	1,400	1,271	1,014
0,30	0,593	0,802	0,503	1,155	0,657	1,500	1,318	1,098
0,35	0,600	0,819	0,506	1,218	0,664	1,583	1,337	1,171
0,40	0,608	0,836	0,511	1,283	0,672	1,666	1,360	1,250
0,45	0,627	0,855	0,521	1,361	0,691	1,762	1,418	1,351
0,50	0,670	0,876	0,546	1,458	0,737	1,871	1,543	1,486

Çizelge 4.50. Örnek-5 ve Örnek-10 örneklerinin 50 Hz frekans değerinde KÜÇÜK dairenin deneysel bobinlerinden geçen akının kesim şekline göre karşılaştırılması

KESİM ŞEKLİ	SU JETİ	LAZER	SU JETİ	LAZER	SU JETİ	LAZER	SU JETİ	LAZER
ANA	KÜÇÜK	KÜÇÜK	KÜÇÜK	KÜÇÜK	KÜÇÜK	KÜÇÜK	KÜÇÜK	KÜÇÜK
ALGILAYICI	DAİRE	DAİRE S1	DAİRE S2	DAİRE S2	DAİRE S3	DAİRE S3	DAİRE S4	DAİRE S4
BOBİN (TESLA)	S1 BOBİNİ (TESLA)	BOBİNİ (TESLA)	BOBİNİ (TESLA)	BOBİNİ (TESLA)	BOBİNİ (TESLA)	BOBİNİ (TESLA)	BOBİNİ (TESLA)	BOBİNİ (TESLA)
0,05	0,104	0,173	0,149	0,161	0,177	0,144	0,181	0,164
0,10	0,140	0,307	0,284	0,339	0,341	0,343	0,344	0,312
0,15	0,162	0,414	0,392	0,495	0,475	0,521	0,479	0,440
0,20	0,175	0,495	0,464	0,613	0,566	0,658	0,571	0,541
0,25	0,183	0,553	0,504	0,700	0,617	0,757	0,622	0,618
0,30	0,186	0,598	0,522	0,766	0,639	0,832	0,646	0,678
0,35	0,188	0,637	0,529	0,824	0,649	0,896	0,655	0,732
0,40	0,190	0,679	0,538	0,885	0,660	0,963	0,667	0,791
0,45	0,194	0,732	0,560	0,960	0,689	1,045	0,696	0,869
0,50	0,205	0,803	0,608	1,058	0,751	1,147	0,759	0,978



Şekil 4.33. Örnek-5 ve Örnek-10 örneklerinin 50 Hz frekans değerinde aynı manyetik indüksiyon B (T) değerinde, BÜYÜK dairenin algılayıcı bobinlerinde indüklenen manyetik indüksiyonun B (T) değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.34. Örnek-5 ve Örnek-10 örneklerinin 50 Hz frekans değerinde aynı manyetik indüksiyon B (T) değerinde, KÜÇÜK dairenin algılayıcı bobinlerinde indüklenen manyetik indüksiyonun B (T) değerlerinin karşılaştırılması

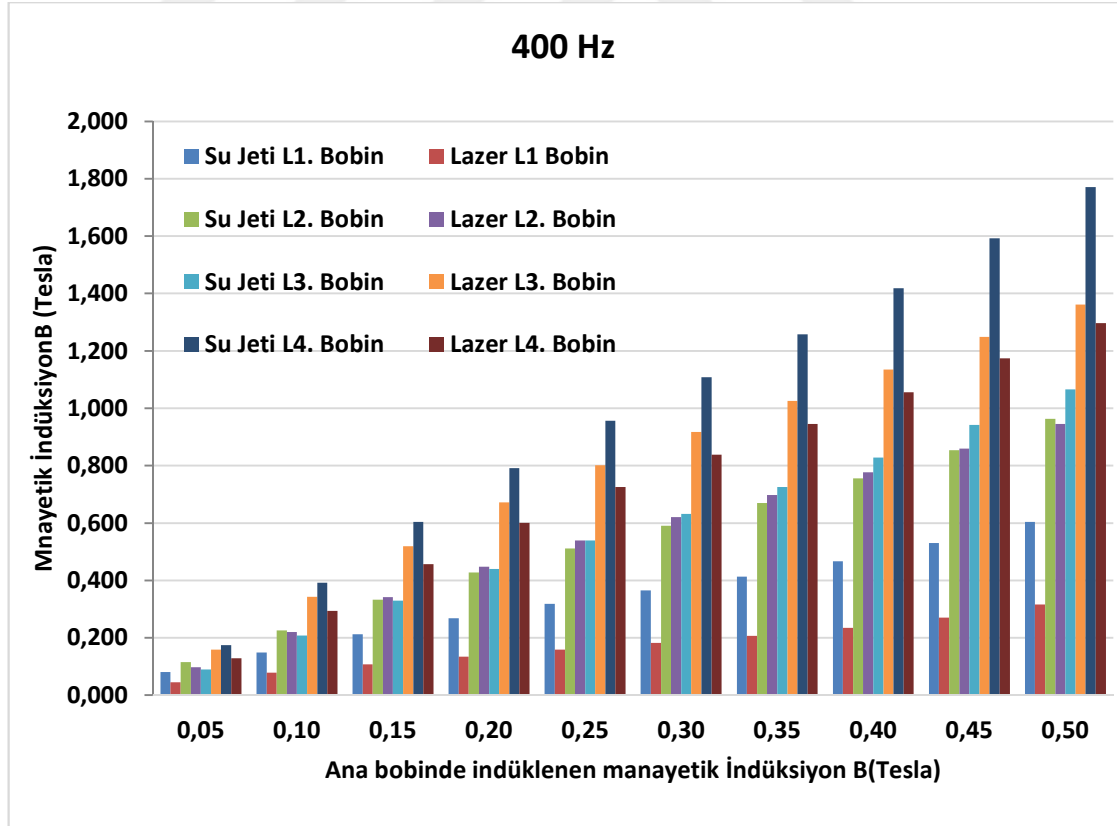
4.4.2. 400Hz Frekans değerindeki Karşılaştırmalar

Çizelge 4.51. Örnek-5 ve Örnek-10 örneklerinin 400 Hz frekans değerinde BÜYÜK dairenin deneysel bobinlerinden geçen akının kesim şekline göre karşılaştırılması

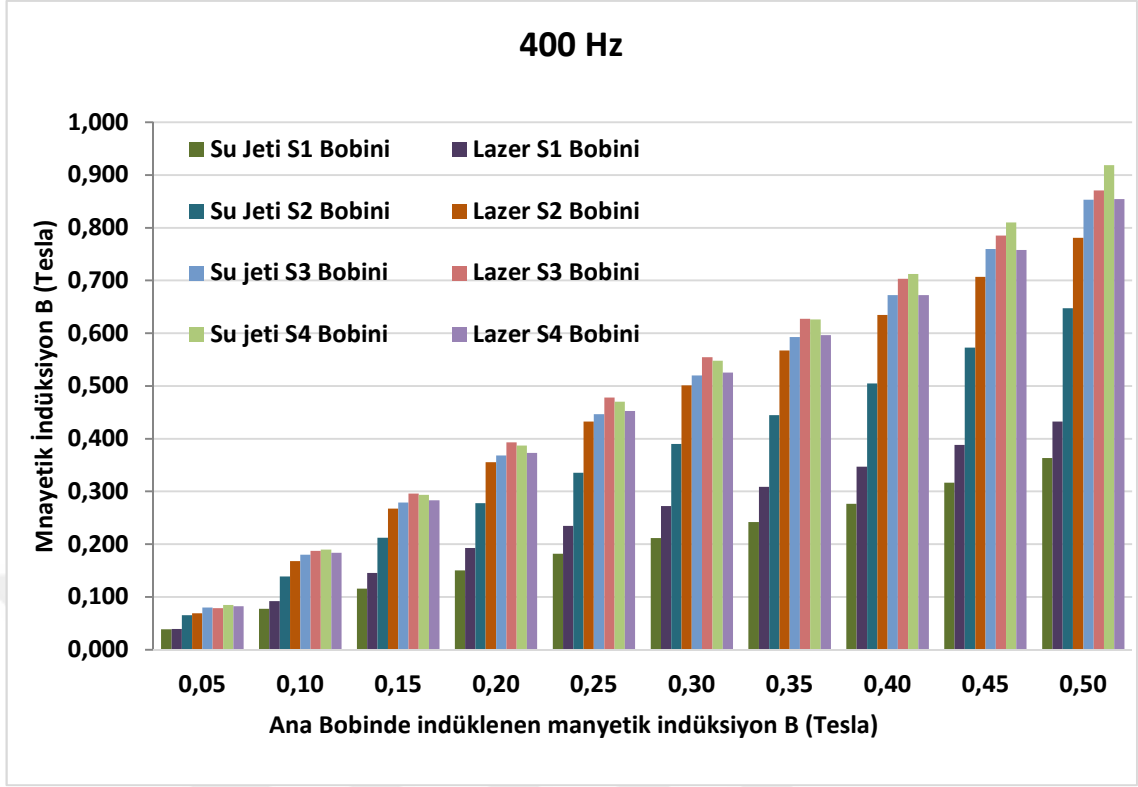
KESİM ŞEKLİ	SU JETİ	LAZER	SU JETİ	LAZER	SU JETİ	LAZER	SU JETİ	LAZER
ANA	BÜYÜK	BÜYÜK	BÜYÜK	BÜYÜK	BÜYÜK	BÜYÜK	BÜYÜK	BÜYÜK
ALGILAYICI	DAİRE	DAİRE L1	DAİRE L2	DAİRE L2	DAİRE L3	DAİRE L3	DAİRE L4	DAİRE L4
BOBİN	L1 BOBİNİ	BOBİNİ	BOBİNİ	BOBİNİ	BOBİNİ	BOBİNİ	BOBİNİ	BOBİNİ
(TESLA)	(TESLA)	(TESLA)	(TESLA)	(TESLA)	(TESLA)	(TESLA)	(TESLA)	(TESLA)
0,05	0,081	0,046	0,116	0,097	0,089	0,159	0,175	0,129
0,10	0,149	0,078	0,226	0,221	0,208	0,343	0,392	0,294
0,15	0,213	0,108	0,333	0,341	0,329	0,519	0,604	0,457
0,20	0,269	0,135	0,428	0,447	0,440	0,672	0,792	0,601
0,25	0,319	0,159	0,512	0,539	0,539	0,802	0,956	0,726
0,30	0,365	0,183	0,590	0,620	0,632	0,917	1,108	0,838
0,35	0,414	0,207	0,670	0,698	0,726	1,026	1,258	0,946
0,40	0,467	0,235	0,756	0,777	0,828	1,135	1,418	1,056
0,45	0,530	0,270	0,854	0,860	0,942	1,249	1,592	1,174
0,50	0,604	0,316	0,963	0,945	1,066	1,362	1,771	1,297

Çizelge 4.52. Örnek-5 ve Örnek-10 örneklerinin 400 Hz Frekans değerinde KÜÇÜK dairenin deneysel bobinlerinden geçen akının kesim şekline göre karşılaştırılması

KESİM ŞEKLİ	SU JETİ	LAZER	SU JETİ	LAZER	SU JETİ	LAZER	SU JETİ	LAZER
ANA	KÜÇÜK	KÜÇÜK	KÜÇÜK	KÜÇÜK	KÜÇÜK	KÜÇÜK	KÜÇÜK	KÜÇÜK DAİRE
ALGILAYICI	DAİRE S1	DAİRE	DAİRE	DAİRE	DAİRE	DAİRE	DAİRE	S4
BOBİN	BOBİNİ	S1 BOBİNİ	S2 BOBİNİ	S2	S3 BOBİNİ	S3 BOBİNİ	S4	BOBİNİ
(TESLA)	(TESLA)	(TESLA)	(TESLA)	BOBİNİ (TESLA)	(TESLA)	(TESLA)	BOBİNİ (TESLA)	(TESLA)
0,05	0,039	0,039	0,065	0,069	0,080	0,079	0,085	0,082
0,10	0,077	0,092	0,139	0,168	0,180	0,187	0,190	0,184
0,15	0,116	0,145	0,212	0,267	0,279	0,296	0,294	0,284
0,20	0,151	0,193	0,278	0,356	0,368	0,393	0,387	0,373
0,25	0,182	0,235	0,336	0,433	0,447	0,478	0,470	0,453
0,30	0,212	0,272	0,390	0,501	0,520	0,554	0,548	0,525
0,35	0,242	0,309	0,445	0,567	0,593	0,628	0,627	0,597
0,40	0,276	0,347	0,505	0,635	0,672	0,703	0,713	0,673
0,45	0,317	0,388	0,573	0,707	0,760	0,785	0,810	0,758
0,50	0,364	0,433	0,648	0,781	0,853	0,871	0,919	0,855



Şekil 4.35. Örnek-5 ve Örnek-10 örneklerinin 400 Hz frekans değerinde aynı manyetik indüksiyon B (T) değerinde, BÜYÜK dairenin algılayıcı bobinlerinde indüklenen manyetik indüksiyonun B (T) değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.36. Örnek-5 ve Örnek-10 örneklerinin 400 Hz frekans değerinde aynı manyetik indüksiyon B (T) değerinde, KÜÇÜK dairenin algılayıcı bobinlerinde indüklenen manyetik indüksiyonun B (T) değerlerinin karşılaştırılması

5. SONUÇ

Buraya kadar bütün deneysel verilerimizi aldık ve ilgili grafikleri çizmiş bulunuyoruz. Gerek Lazer kesimle gerek □u Jeti kesimde örneklerimizi inceledik. Bu kısımda ise bu verilerimizi kullanarak genel deneysel yorumumuzu yapmaya çalışacağız.

İlk bölüme baktığımızda, 4.1. bölümündeki Lazer yardımıyla hazırlanan örnekleri incelemeye çalışalım. Bu kısımda geometrik yapıya bağlı deney örneklerimizden aldığımız veriler ile B-H eğrilerini çizmeye çalıştık. ‘‘Daire’’ (Örnek-1) geometrik şeklimizin ilgili Şekil 4.2.’ ye baktığımızda, frekans arttıkça doyuma gitme süresinin arttığını anlıyoruz. (Bir B-H eğrisinin doyuma gitmesini, grafiği incelediğimizde eğrinin belirli bir akı değerinden sonra manyetik alan şiddetini ne kadar artırırsak artıralım eğri manyetik doyuma ulaştığı için manyetik akı şiddet değeri zamanla değişmez. Bu durum manyetik doyum noktasını bize bildirir.) Aynı zamanda frekans yükseldikçe eğrilerin birbiri üstüne bindiğini görmekteyiz. Buda bize belirli bir frekans değerinden sonra

indüklenme değerine bağlı eğri eğiminin aynı kalacağını anlatıyor. Bir başka bakış açısı ile baktığımızda Çizelge 4.1.- 4.2.- 4.3. ve 4.4. incelediğimizde 50 Hz değerinde indüklenen manyetik akının artış miktarının ve değerinin daha fazla olduğunu anlıyoruz. Diğer bir geometrik şekli incelersek, Şekil 4.4.'e baktığımızda aynı "Daire" geometrik şeklindeki gibi frekans arttıkça doyuma ulaşma süresi artmıştır. Ancak "Elips" te 50 ve 100 Hz frekans eğrilerinin eğimleri yaklaşık aynı olduğu görülmüştür. Aynı şekilde Çizelge 4.5.- 4.6.- 4.7. ve 4.8. tablolarına baktığımızda frekans yükseldikçe manyetik indüksiyon değerindeki artış ile manyetik alan şiddetinde ki artış oranı manyetik doyum süresini uzatmıştır.

Eşkenar üçgen (Şekil-3)'e baktığımızda Şekil 4.6.' ya göre diğerleri gibi frekans artışı ve doyuma gitme süreleri benzerlik gösteriyor. Ancak veri tipleri 4.9.- 4.10.- 4.11. ve 4.12.' ye baktığımızda indüklenen manyetik indüksiyonun aynı artan manyetik alan şiddetine göre farklılık görülmediği anlaşılmaktadır. "Kare" ye baktığımızda 50 ve 100 Hz' deki (Şekil 4.8.'e göre) eğriler çok yakın iken arttıkça ayrıldığını görüyoruz. Ve frekans yükseldikçe de artan manyetik alan şiddetine rağmen indüklenen manyetik indüksiyon değerleri farkı farklılık göstermektedir. Ve bu durum sadece frekans değeri arttıkça doyuma ulaşma süresini uzatmıştır. Aynı zamanda bu durumun yaklaşık olarak bu kısımda her geometrik şekil için geçerli olduğu anlaşılıyor. Bu bilgilerin ışığında bu durumların ne anlama geldiğini diğer bölümleri de inceleyerek kesin bir kanıya varacağız.

Bölüm 4.2.'ye bakarsak bölüm 4.1. ile karşılaştırdığımızda bile \square u Jeti ile kesilen parçaların deneysel sonuçlarının Lazer ile kesilenden farklılıklar taşıdığını anlıyoruz. O halde "Daire" (Örnek-6) geometrik şekline baktığımızda temelde aynı benzer sonuçların Lazer kesim ile aynı olduğunu görebiliyoruz. Ancak indüksiyon değerlerine baktığımızda benzer manyetik alan şiddetlerinde daha fazla manyetik indüksiyon değerine karşılık geldiği anlaşılıyor. Bunu anlamak için örnek verecek olursak; Çizelge 4.1'de 0,45 H (A/m) değerinde, indüklenen manyetik indüksiyon 0,20 B (Tesla) iken, Çizelge 4.17'ye baktığımızda aynı manyetik alan şiddeti değerinde bu kez manyetik indüksiyon değerinin 0,31 B (Tesla) olduğu görülmektedir. Neredeyse %10'luk bir artış gözükmektedir. Bunun anlamını daha sonraki bölümlerdeki karşılaştırmalarda anlayacağız fakat bunun anlamının su jeti kesiminin daha verimli olduğunu basit

karşılaştırmada da anlaşıldığını söylemek gerekir. Diğer geometrik şekillere de baktığımızda benzer sonuçların görüldüğünü anlıyoruz.

Bölüm 4.3.1.' de ise Lazer de kesilen deney örneklerinden elde ettiğimiz verilerle aynı manyetik alan şiddetinde farklı frekanslarda karşılaştırma yapmaya çalıştık. "Daire" geometrik şekline baktığımızda Şekil 4.17.'ye göre aynı manyetik akı şiddetlerinde 50 Hz de indüksiyon miktarı diğer frekanslara göre daha fazla olduğu görülmektedir. "Elips"; Şekil 4.18.'e göre ise 100 Hz frekans değerinde daha verimli olduğu anlaşılıyor. "Eşkenar üçgen" ve "Kare" için Şekil 4.19. ve 4.20.'ye baktığımızda düşük manyetik akı değerinde, 50 Hz frekans değerinde yüksek akılarda kayda değer bir farkındalığın olmadığı anlaşılıyor. Keza "Kare" için ise de her frekans değerinde bir ekstra bir farkındalığın olmadığı anlaşılıyor.

Bölüm 4.2.2.'de bir diğer yaklaşımda bulunursak sabit frekanslarda ve değişen manyetik akı değerinde geometrik şekilleri karşılaştırdığımızda "Kare" ve "Elips" şekillerinin manyetik indüksiyonun daha fazla olduğu görülmektedir. Ancak "Kare" nin fiziksel temelde bu sonucu vermemesi gerekirken deneysel veriler aksini söylemektedir. Fakat bunun "Kare" geometrik şeklinin geometrik yapısından dolayı manyetik doyuma çabuk ulaşması ölçümlerinin daha yüksek çıkmasına neden olmuştur. O halde iki karşılaştırmaya da baktığımız da ve buraya kadar elde ettiğimiz bilgiler ışığında Lazer kesim ile kesilen parçalardan bir demir çekirdek yapılmak istenirse bunları birleştirmek için yapısına açılan geometrik deliğin "Elips" olması halinde manyetik kayıpların daha az olacağı anlaşılmaktadır.

□u Jeti ile kesime baktığımızda karşımıza çok farklı sonuçların çıktığını görüyoruz. Bölüm 4.3.3.'e baktığımızda Şekil 4.25.'e göre □u Jeti ile kesimde "Daire" geometrik şeklinin aynı manyetik alan şiddetinde frekans karşılaştırmasında düşük manyetik alan şiddetinde 50 Hz frekansta daha iyi, fazla iken manyetik alan şiddeti artarken yüksek frekansta indüklenen akı miktarında artış görmekteyiz. Görüldüğü gibi Lazer kesimde bölüm 4.3.1.'de ve Şekil 4.17.'de her manyetik alan şiddetinde indüklenen akı miktarı 50 Hz de daha yüksek iken, su jeti kesimde durum farkındalık göstermiştir. Aynı şekilde Şekil 4.26.'ya baktığımızda "Elips" içinde aynı bulguları görmekteyiz. Şekil 4.27'ye baktığımızda da "Eşkenar Dörtgen" nin tüm manyetik alan şiddeti değerlerinde 50 Hz de diğer frekans değerlerine göre daha fazla manyetik indüklenmenin olduğunu

görüyoruz. Bir diğeri hakkındaki bilgiyi de bize Şekil 4.28.' e bakarak alacağız. "Kare" için baktığımızda yine ilk manyetik alan şiddeti değerlerinde 50 Hz de iyi manyetik indüklenme olduğunu görüyoruz ama alan şiddeti yükseldikçe yüksek frekanslarda indüklenmenin arttığını görüyoruz.

Bir başka bakış açısıyla bölüm 4.3.4.'te aynı manyetik akı değerinde ve aynı frekansta geometrik şekillerin manyetik indüklenmelerini incelemeye çalıştık. İncelememizde görülüyor ki temelde Şekil 4.29. – 4.30.– 4.31. ve 4.32.' nin aynı sonuçları barındırdığını görüyoruz. Her frekans değerinde en iyi manyetik indüklenme verimini elips verdiği görülmektedir. Ancak Şekil 4.29.'a göre 50 Hz değerinde "Elips" in yanında "Eşkenar Dörtgen" nin de veriminin yüksek olduğunu görmekteyiz. Fakat diğer frekans değerlerinde bunu görememekteyiz. Buradan anlıyoruz ki eğer \square u Jeti kesimi ile bir demir çekirdek yapılmak isteniyorsa manyetik kayıplar bakımından demir çekirdekleri birleştirmek için yapılarına açılan deliklerin; 50 Hz de çalışılacaksa "Elips" ve "Eşkenar Dörtgen" olması, yüksek frekanslarda ise sadece "Elips" geometrik şeklinin kullanılması manyetik kaybı en aza indireceği anlaşılmıştır. Buradan genel sonuca göre ister Lazer ister \square u Jeti kesim olsun ikisinde de manyetik kayıp yönünden en verimlisinin "Elips" olduğu anlaşılmaktadır. Biliyoruz ki günümüzde birleştirme yapmak için en basiti olan delme tekniği olan "Daire" kullanılmaktadır. Şimdi ise işte bu "Daire" geometrik şeklinin yarıçapına bağlı manyetik kayıplar hakkında bilgi edinmeye çalıştık.

Bölüm 5.'de diğer bölümlere göre farklı bir yaklaşımda bulunduk. Bu bölümde diğerleri gibi kesim şekli karşılaştırması yapılması yanında, geometrik şeklin yarıçapına bağlı manyetik indüksiyona etkisini araştırdık. Bu araştırmamızda diğerleri gibi deney örneklerinde tek algılayıcı bobinimiz yoktur. Belirli açılarda yerleştirilmiş deneysel bobinlerimiz mevcut. Bu geometrik şeklin özelliklerini ve deneysel bobinlerin nasıl yerleştirildiğini Kısım 3.3.3.2.5.'te Örnek-10'da anlatılmıştır.

O kısma baktığımızda görülüyor ki BÜYÜK ve KÜÇÜK dairelerimiz ve etrafında 4 er tane deneysel veri aldığımız bobinlerimiz mevcut. Ve bu geometrik şekilden hem Lazer ile hem \square u Jeti ile kesip veri aldığımız deneylerin bilgilerini Bölüm 5.'te derlemeye çalıştık.

O halde incelememize geçerse, Çizelge 4.49. ve Çizelge 4.50.' ye baktığımızda hem lazer kesimde hem su jeti kesimin verilerini incelediğimizde; 1. Deneysel bobinimizden aldığımız bilgilerde BÜYÜK delik (L1 Bobini) için manyetik induksiyon değerleri yükselme eğimi az iken, KÜÇÜK delik (□1 Bobini) için bobinimizde manyetik induksiyon yükselme eğiliminin daha fazla olduğu görülüyor. Diğer bobinlere de baktığımızda aynı 1. Deneysel bobin verilerindeki gibi KÜÇÜK deliğin deneysel bobinlerindeki artış eğimi BÜYÜK deliğin deneysel bobinlerine göre artış eğimi daha büyük olduğu anlaşılıyor. Ancak KÜÇÜK deliğin deneysel bobinlerine baktığımızda BÜYÜK bobininkilere göre bir artış homojenliği görüyoruz. 4. Bobin değerlerine bakarsak artış eğimi fazla ancak değerlere baktığımızda başlangıç ve bitiş değerleri BÜYÜK delik bobininde daha fazla iken KÜÇÜK deliğin bobinlerinde daha az olduğu anlaşılıyor. Buda bize şunu gösteriyor. Manyetik akı çizgileri BÜYÜK deliğe gelirken KÜÇÜK bobine göre kesin dönüş yaptığı anlaşılıyor. Buradan da anlaşılacağı üzere delik çapı arttıkça manyetik direncin arttığı ve kaybın arttığını görüyoruz. 400 Hz verilerine de baktığımızda aynı durumu görmekteyiz. Ve ayriyeten yüksek frekanslarda KÜÇÜK deliğin manyetik akı çizgilerine BÜYÜK deliğe göre daha az etki ettiği anlaşılıyor.

Şimdi kesim şekline göre karşılaştırma yapmaya çalışalım. Şekil 4.33. ve Şekil 4.34.'e baktığımızda 50 Hz de Lazer kesimin □u Jeti kesime göre daha fazla manyetik induksiyon değerine sahip olduğunu anlıyoruz. Ancak BÜYÜK delik için 4. bobin (L4 Bobini) verilerine baktığımız zaman, □u Jeti ile kesilen parçanın L4. bobininin manyetik induksiyon değerinin daha fazla olduğunu her manyetik alan şiddetinde görmekteyiz. Aksine KÜÇÜK bobinin 4. araştırma bobinine (□4 Bobini) baktığımızda bunun tam tersini görmekteyiz. Bunun nedeninin direk kesim şeklinden kaynakladığı görülmektedir. Çünkü BÜYÜK bobinde deneysel bobinin veri aldığı alan KÜÇÜK bobine göre az olduğundan buda kesim duvarlarının dar alanı kapsadığından dolayı kesim şeklinin burada söz sahibi olduğunu anlıyoruz. Ve buradan şu sonuç çıkıyor ki lazer kesimin manyetik malzeme içinde □u Jeti kesime göre daha iç yapılarda bozulmalara neden oluyor. Budan da anlaşılacağı üzere Lazer kesim manyetik yapıları □u Jeti kesime göre daha fazla bozduğunu görüyoruz. Ve bu örneğin 400 Hz de çizilen Şekil 4.35. ve Şekil 4.36. da da görüleceği gibi aynen geçerliliğini korumaktadır.

O halde buradan genel bir sonuç çıkaracak olur isek; demir çelik yapısı oluşturulurken yapısında açılan deliklerin ne kadar küçük olursa manyetik kaybın o kadar düşük olacağı anlaşılmaktadır. Diğer yandan manyetik akıların geçeceği yerdeki alan kesik yüzey çeperlerine yakın olması zorunluluğu durumunda parçanın kesim şeklinin □u Jeti ile yapılması verim için daha iyi olacağı anlaşılıyor. Eğer çeperler yakın olmaması durumunda ise Lazer kesim şeklinin manyetik kayıp bakımından daha verimli olacağı anlaşılmış durumdadır. Diğer paragraftaki sonuçlarla eşleştirdiğimizde bu son deneyimizde delik geometrik şeklinin “Elips” olması dahilinde ve uygulama yerine göre seçilen kesim şekli ile beraber en iyi sonucun elde edileceği ön görülmüştür.

Genel sonuçlarımızı maddeler halinde vermeye çalışırsak;

1-) Bir demir çekirdek yapılması halinde kesim şeklinin Lazer seçilmesi durumunda demir çekirdeği birleştirmek için yapısında açılan deliğin “Elips” olması diğer geometrik şekillere göre manyetik kayıp bakımından verimin yüksek olacağı anlaşılmıştır.

2-) □u Jeti kesimi ile bir demir çekirdek hazırlanmak istenirse çekirdeği birleştirmek için yapısına açılan deliğin; 50 Hz frekansta çalışılacak ise “Elips” ve “Eşkenar Dörtgen”, yüksek frekanslarda çalışılacak ise sadece delik için “Elips” geometrisinin kullanımı diğer geometrik şekillere göre manyetik indüksiyon verimi bakımından daha verimli olduğu anlaşılmıştır.

3-) Genel deneysel sonuçlara göre Lazer kesimin manyetik malzeme üzerinde □u Jeti kesiminden daha çok iç bölgelerin manyetik yapısını bozduğu anlaşılmıştır.

4-) Manyetik malzemeler hazırlanırken kesim sırasında manyetik malzeme üzerindeki manyetik alan ile çalışılacak bölge kesim çeperlerine uzak ise Lazer kesim kullanılması verime eksi yönde etkisinin fazla olmadığı anlaşılmıştır. Ancak kesim çeperleri bölgeye yakın ise □u Jeti kullanılması gerektiği irdelenmiştir.

5-) □onuçlara göre manyetik malzeme üzerinde açılan deliğin çapının ne kadar küçük olursa manyetik verimin doğru orantılı olarak artacağı anlaşılmıştır.

6-) Bu çalışmanın sonucuna göre son olarak demir çekirdek yapımında □u Jeti kesimin kullanılması ve deliğin açılacak en küçük yarıçaplarda “Elips” olması halinde en yüksek manyetik verimin elde edileceği kanısına varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Carey R., Isaac E.D. 1966.** Magnetic domains and techniques for their observation, The English University Press Ltd, London.
- Cullity, B. D., Graham, C. D. 2008.** Introduction to Magnetic Materials, 2nd ed.. New York:Wiley-IEEE. p. 116.
- Emura, M., Landgraf, F.J.G., Ross, W., Barreta, J.R. 2003.** “The influence of cutting technique on the magnetic properties of electrical steel”, J. Magn. Mater., vol. 254-255, pp. 358-360.
- Feynman, Richard P., Robert B. 1963.** Leighton, Matthew and The Feynman Lectures on Physics, Vol. 1 California Inst. of Technology. pp. 37.5–37.6. Check isbn= value.
- Jiles, David 1998.** Introduction to magnetism and magnetic materials. London: Chapman & Hall.
- Loisos, G., Moses, A.J. 2005.** “Effect of mechanical and Nd:YAG laser cutting on magnetic flux distribution near the cut edge of non-oriented steels”, J. Magn. Mater., vol. 161, pp.151-155.
- Moses, A.J., Derebasi, N., Loisos, G., Schoppa, A. 2000.**“Aspect of cut-edge effect stress on the power loss and flux density distribution in electrical steel sheets”, J. Magn. Mater., vol. 215-216, pp. 690-692.
- Peksoz, A., Erdem, S., Derebasi, N. 2008.** “Mathematical model for cutting effect on Magnetic flux distribution near the cut edge of non-oriented electrical steels”, Comput. Mater. Sci., vol. 43, pp. 1066-1068.
- Pulnikov, A., Baudouin, P., Melkebeek, J., 2003.** “Induced stresses due to mechanical cutting of non-oriented electrical steels”, J. Magn. Mater., vol. 254-255, pp. 355-357.
- Rygal, R., Moses, A.J., Derebasi, N., Schneider, J., Schoppa, A. 2000.**“Influence of cutting stress on magnetic field and flux density distribution in non-oriented electrical steels”, J. Magn. Mater., vol. 215-216, pp. 687-689.
- Schoppa, A., Schneider, J., Roth, J.-O. 2000.** “Influence of cutting process on magnetic properties on non-oriented electrical steels”, J. Magn. Mater., vol. 215-216, pp. 100-102.
- Schoppa, A., Louis, H., Pude, F., von Rad, Ch. 2003.** “Influence of abrasive waterjet cutting on magnetic properties of non-oriented electrical steels”, J. Magn. Mater., vol. 254-255, pp. 370-372.
- Senda, K., Ishida, M., Nakasu, Y., Yagi, M. 2006.** “Influence of shearing process on domain structure and magnetic properties of non-oriented electrical steel”, J. Magn. Mater. vol. 304, pp. e513-e515.
- Weiss, P. 1906.** La variation du ferromagnetisme du temperature, Comptes Rendus, 143, p.1136-1149, cited in Cullity, 2008, p.116

EKLER

EK 1	Bu çalışmalarımıza dayalı yayınlanan Makale-1
EK 2	Bu çalışmalarımıza dayalı yayınlanan Makale-2
EK 3	Bu çalışmalarımıza dayalı yayınlanan Makale-3
EK 4	Hata Hesabı



Localized Flux Density Distribution Around a Hole in Non-Oriented Electrical Steels

Taylan Gunes¹, Naim Derebasi², and Cagdas Erdonmez²

¹Department of Energy Systems Engineering, Yalova University, Yalova 77100, Turkey

²Department of Physics, Uludag University, Bursa 16059, Turkey

A mechanical strain occurring during the drilling or punching of a hole on electrical sheets will cause deterioration of the magnetic characteristics around the hole. The result is that, when the sheet is magnetized parallel to the edge, the magnetic flux density has changed its orientation around the hole. In this paper, variation of localized flux density distribution around a hole was investigated from the search coils located at 0°, 25°, 45°, and 65° angles corresponding to the center of holes with diameters 10 and 20 mm in non-oriented electrical steel sheet with the dimensions of 300 mm length, 30 mm wide, and 0.50 mm thick standard sample. The localized peak flux density and magnetic field strength were measured over the peak flux density ranges 0.1–0.5 T at 50–400 Hz. A minimum peak flux density was obtained from the search coil, which is located at 65°, whereas maximum flux density was measured from the coil located at 0° angle.

Index Terms—Magnetic flux density, magnetization, transformer cores.

I. INTRODUCTION

THE different manufacturing processes, such as punching, cutting, shearing, and pressing during stacking of laminations to cores in electromagnetic devices deteriorate partly the magnetic properties of electrical steels used. The punching, shearing, or cutting processes give main contribution to the deterioration of the magnetic properties by manufacturing of magnetic components [1]–[5]. Recent investigations revealed that the deteriorating effect of punching on magnetic properties of the material may spread up to 10 mm inside from the cut edge [6]. Mechanical cutting induces plastic and elastic stresses near the edges of electrical steel. Likewise, laser cutting induces thermal stresses. In both cases, the microstructure of material changes near the edge affecting the magnetic domain structure and domain wall motion during the magnetization process. The parameters of effect of laser cutting on magnetic properties of steels were also investigated [7]. The laminations after cutting are annealed to reduce stress and improve magnetic properties. It causes to the producers of electrical machines and devices additional expenses. To reach optimum magnetic properties after cutting can be possible using abrasive waterjet cutting [8]. Furthermore, some theoretical studies for cutting effect were carried out such as mathematical model and finite element method (FEM) modeling using experimental researches [9], [10].

The drilling or punching of a hole on electrical steel will deteriorate the magnetic properties around the hole. The magnitude of magnetic flux density in the vicinity of the hole varies with its orientation and location. This localized flux density orientation is closely related the degraded area around the hole and size of the hole. This paper is concentrated on variation of localized flux density distribution around different

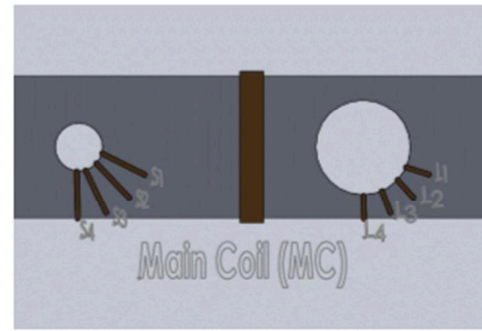


Fig. 1. Search coil locations in the measurement sample.

size holes of non-oriented fully processed electrical steel sheet.

II. EXPERIMENT

A non-oriented 300 mm long, 30 mm wide, and 0.5 mm thick steel sheet, which was namely N530, was drilled with 10 and 20 mm diameter to make a hole at the center. The 1 mm holes, which are minimizing the stress, were drilled through the sample at proper angles to wound 10-turn search coils. The four search coils for each hole with 0°, 25°, 45°, and 65° angles corresponding to the center of hole were located as shown Fig. 1. A 100-turn 0.1 mm enameled copper wire main search coil (MC) was also wound uniformly around the sample to detect the overall peak flux density. The drilled sharp edges are isolated to avoid any contact the search coil wires with the sample. These samples were magnetized sinusoidally and parallel to the cut edge over the frequency 50–400 Hz for flux density level up to 0.5 T to avoid flux instabilities in a single-sheet tester. The single-sheet tester comprises the strip magnetizing and secondary windings and U-shaped flux return core.

Manuscript received June 5, 2014; revised August 11, 2014 and September 16, 2014; accepted September 17, 2014. Date of current version January 26, 2015. Corresponding author: N. Derebasi (e-mail: naim@uludag.edu.tr).

Color versions of one or more of the figures in this paper are available online at <http://ieeexplore.ieee.org>.

Digital Object Identifier 10.1109/TMAG.2014.2359575

0018-9464 © 2015 IEEE. Personal use is permitted, but republication/redistribution requires IEEE permission. See http://www.ieee.org/publications_standards/publications/rights/index.html for more information.

Influence of Hole Geometry on Magnetic Flux Density Distribution in LaserCut Non-oriented Electrical Steels at Power Frequencies

Cagdas Erdonmez¹ · Naim Derebasi¹ · Taylan Gunes^{1,2}

Received: 2 May 2016 / Accepted: 9 August 2016
© Springer Science+Business Media New York 2016

Abstract A mechanical strain caused by shearing, drilling, and punching stresses that occur during the processing of the electrical steel sheets will cause a deterioration of the magnetic characteristics/properties of the material. The variation of localized magnetic flux density distribution is measured and monitored with the help of a search coil located at 45° angle with respect to the center of different hole shapes such as circular, elliptical, triangular, and square. The localized flux density and magnetic field strength, in laser-cut non-oriented electrical steels, were measured at different peak flux densities with values between 0 and 0.5 T in a frequency range from 50 to 400 Hz. The maximum flux density was obtained in the case of the sample, which has an ellipsoidal hole at the same value of the field strength, whereas the minimum flux density was measured for the triangular hole at 50 Hz.

Keywords Non-oriented electrical steels · Magnetic flux distribution · Laser cutting · Hole geometry · Power frequencies

1 Introduction

The magnetic properties, of the electrical steel, in magnetic cores are known to be influenced by the manufacturing

conditions such as punching, drilling, cutting, interlocking, and shrink fitting. There has been a growing interest on the influence of punching, cutting, drilling, and shearing, especially in the case of the degraded region width near the sheared, punched, drilled, or cut edge, where the magnetic properties are deteriorated [1–5]. Recent investigations revealed that the deteriorating effect of punching on magnetic properties of the material may spread up to 10 mm inside from the cut edge [6]. Mechanical cutting induces plastic and elastic stresses near the edges of the electrical steel. Likewise, laser cutting induces thermal stresses. In both cases, the microstructure of the material changes near the edge affecting the magnetic domain structure and domain wall motion during the magnetization process. The parameters of laser cutting influence on magnetic properties of steels were also investigated [7]. In order to reduce the stresses and improve the magnetic properties after cutting, the laminations are annealed for stress relief. It causes additional expenses to the producers of electrical machines and devices. To reach the optimum magnetic properties after cutting, the abrasive water-jet method could be applied [8]. Although there are other types of cutting methods used such as electro-corrosion, the cutting methods mentioned above are widely used in practice. Furthermore, some theoretical studies for cutting effect were carried out such as mathematical model and FEM modeling using experimental research [9, 10].

2 Experiment

As presented in [7], the laser cutting has a lower effect than the mechanical cutting on the magnetic properties of the non-oriented steels. In the paper, there are analyzed samples of N530 grade electrical steel with an area of

✉ Naim Derebasi
nderebasi@uludag.edu.tr

¹ Physics Department, Uludag University,
Gorukle 16059 Bursa, Turkey

² Department of Energy Systems Engineering,
Yalova University, Yalova 77100, Turkey

Influence of Hole Size and Cutting Method on Localised Flux Density Distribution Around a Hole in Non-oriented Electrical Steels

Naim Derebasi¹ · Cagdas Erdonmez¹

Received: 2 May 2016 / Accepted: 10 August 2016
© Springer Science+Business Media New York 2016

Abstract In the manufacturing of electrical machine cores, there exist various cutting processes for electrical steel laminations such as mechanical, laser, and abrasive waterjet. The microstructure of the material changes near the edge affecting the magnetic domain structure and domain wall motion during the magnetization process. Variation of localised flux density distribution due to cutting method and hole size was investigated using the search coils located at 0°, 25°, 45°, and 65° angles corresponding to the centre of holes with diameters 10 and 20 mm in non-oriented electrical steel sheet, which was namely N530. The localised flux density was measured over the peak flux density ranges 0.1–0.5 T at 50–400 Hz. The localised linear flux density concentrated around both holes was obtained with increasing frequency. Also, cutting method was significant to deteriorate magnetic properties at the small cross sectional areas under the search coils located. The smaller hole has less to effect on the flux orientation around than the larger hole, due to their magnetostatic energy.

Keywords Electrical steels · Flux distribution · Cutting effect · Hole size

1 Introduction

Non-oriented (NO) electrical steels are widely used for the cores of motors and low power transformers. Cores are

manufactured by cutting steel sheets into a specified shape, then stacked together, and clamping the cut sheets. There exist various cutting processes such as mechanical, laser, and abrasive waterjet. Mechanical cutting is the cheapest way and the most common process to achieve magnetic cores for electrical machines and devices. The mechanical cutting induces plastic and elastic stresses near the edges of electrical steel. The microstructure of the material changes near the edge affecting the magnetic domain structure and domain wall motion during the magnetization process [1–5]. Recent investigations also revealed the deteriorating effect of cutting on magnetic properties of the material may spread up to 10 mm from the cut edge [1, 2].

The laser cutting avoids the shearing deformation at the cutting edges. Thus, no burr is generating after cutting. During the laser cutting, rapid heating and cooling cause thermal stresses, which are considered harmful on the magnetic properties of the material [5–8]. Nevertheless, the thermal effect due to material heating until the molten and partially evaporated stage can modify the microstructure [6].

An alternative cutting method is an abrasive waterjet cutting. The steel sheets were cut by a medium consisting of water, air, and abrasive powder under high pressure. This cutting process is the best currently known cutting method [9]. It causes minimum influence on the magnetic properties, which are the lower deformation of the material in the area of the cut edge due to cooling effect of the water. However, the cutting speed of this method in comparison with other methods is relatively low.

In recent years, there has been growing interest in the influence of punching, shearing, and cutting especially in the width of degraded area neat the punching or cutting edge, where magnetic properties are affected [10]. Drilling or punching a hole on NO electrical steels will also deteriorate the magnetic properties around the hole. The magnitude

✉ Naim Derebasi
naim@uludag.edu.tr

¹ Physics Department, Uludag University, Gorukle, Bursa 16059, Turkey

Ek 4 Hata Hesabı

Manyetik akı yoğunluğu hesabımızda kullandığımız bağıntı (3.12) ile verdik. Bu bağıntı;

$$B_m = \frac{V_{rms}}{4.44N_2Af} \quad (\text{Ek4.1})$$

şeklindedir. Bu eşitliğimizin hatası;

$$\Delta B_m = \sqrt{\left(\frac{\partial B_m}{\partial V_{rms}} \Delta V_{rms}\right)^2 + \left(\frac{\partial B_m}{\partial N_2} \Delta N_2\right)^2 + \left(\frac{\partial B_m}{\partial A} \Delta A\right)^2 + \left(\frac{\partial B_m}{\partial f} \Delta f\right)^2} \quad (\text{Ek4.2})$$

olarak verilir. Burada;

$$\frac{\partial B_m}{\partial V_{rms}} = \frac{1}{4.44N_2Af} \quad (\text{Ek4.3})$$

$$\frac{\partial B_m}{\partial N_2} = -\frac{V_{rms}}{4.44N_2^2Af} \quad (\text{Ek4.4})$$

$$\frac{\partial B_m}{\partial A} = -\frac{V_{rms}}{4.44N_2A^2f} \quad (\text{Ek4.5})$$

$$\frac{\partial B_m}{\partial f} = -\frac{V_{rms}}{4.44N_2Af^2} \quad (\text{Ek4.6})$$

şeklindedir. Manyetik alan şiddeti eşitliğimizi (3.16) yazarsak;

$$H_m = \frac{N_1 i_m}{\ell_{ort}} \quad (\text{Ek4.7})$$

şeklindedir. Burada şu bağıntıyı kullanırsak ($i_m = \frac{V_{rms}}{R}$);

$$H_m = \frac{N_1 V_{rms}}{\ell_{ort} R} \quad (\text{Ek4.8})$$

Şeklinde olur. Bu eşitliğin hata bağıntılarına bakarsak;

$$\Delta H_m = \sqrt{\left(\frac{\partial H_m}{\partial N_1} \Delta N_1\right)^2 + \left(\frac{\partial H_m}{\partial V_{rms}} \Delta V_{rms}\right)^2 + \left(\frac{\partial H_m}{\partial \ell_{ort}} \Delta \ell_{ort}\right)^2 + \left(\frac{\partial H_m}{\partial R} \Delta R\right)^2} \quad (\text{Ek4.9})$$

şeklindedir. Buradan;

$$\frac{\partial H_m}{\partial N_1} = \frac{V_{rms}}{\ell_{ort} R} \quad (\text{Ek4.10})$$

$$\frac{\partial H_m}{\partial V_{rms}} = \frac{N_1}{\ell_{ort} R} \quad (\text{Ek4.11})$$

$$\frac{\partial H_m}{\partial \ell_{ort}} = -\frac{N_1 V_{rms}}{\ell_{ort}^2 R} \quad (\text{Ek4.12})$$

$$\frac{\partial H_m}{\partial R} = -\frac{N_1 V_{rms}}{\ell_{ort} R^2} \quad (\text{Ek4.13})$$

şeklinde yazılır. Burada ΔB_m ve ΔH_m kullandığımız mutlak hatalar tüm hesaplamalarımız da aynı değildir. Çünkü bazı ölçümlerde farklı hassaslık değerlerinde ölçü aletleri kullanılmıştır. Lazer kesim deneylerimizde Örnek-1 (Daire) ölçümlerinden 400 Hz 'e göre Tablo 4.4. verilerinden faydalanırsak; $H_m=1.27$ A/m değerindeki indüklenen manyetik akı değerlerinde hata hesabını yapmaya çalışalım. 400 Hz, 1.27 A/m manyetik alan şiddeti değerinde N_1 ve N_2 de indüklenen manyetik akı sırasıyla 0.30 T ve 0.37 T değerlerinin hata hesabını hesaplayalım. N_1 için manyetik akı hata hesabına ΔB_1 , N_2 için manyetik akı hata hesabına ΔB_2 ve manyetik alan şiddeti hata hesabına da ΔH dersek ve sırasıyla hesabına baktığımızda eşitlik (Ek4.2) de eşitlikler (Ek4.3-4-5-6) eşitliklerini koyarak B_1 'e göre revize edersek;

$$\Delta B_1 = \sqrt{\left(\frac{1}{4.44N_1Af} \Delta V_{rms}\right)^2 + \left(-\frac{V_{rms}}{4.44N_1^2Af} \Delta N_1\right)^2 + \left(-\frac{V_{rms}}{4.44N_1A^2f} \Delta A\right)^2 + \left(-\frac{V_{rms}}{4.44N_1Af^2} \Delta f\right)^2} \quad (\text{Ek4.14})$$

burada $\Delta V_{rms} = V_{rms} \times 2.10^{-3}$ mV, $\Delta N_1 = 1(N_1=10$ sarım için), $\Delta f = 1.10^{-6}$ Hz, $\Delta A = 1.10^{-5}$ m² ve 1.27 A/m değerindeki $V_{rms}=0.069$ V olarak değerleri yukarıdaki eşitlikte yerine koyduğumuzda $\Delta B_1 = \pm 0.065$ T olarak hesaplanmıştır. Aynı yaklaşımlarla N_2 için ΔB_2 yi hesaplırsak değerinin $\Delta B_2 = \pm 0.017$ T olarak buluruz.

Daha sonra eşitlik (Ek4.9)'da eşitlikler (Ek4.10-11-12-13) konulduğunda ΔH eşitliğimiz;

$$\Delta H = \sqrt{\left(\frac{V_{rms}}{\ell_{ort}R} \Delta N\right)^2 + \left(\frac{N}{\ell_{ort}R} \Delta V_{rms}\right)^2 + \left(-\frac{NV_{rms}}{\ell_{ort}^2R} \Delta \ell_{ort}\right)^2 + \left(-\frac{NV_{rms}}{\ell_{ort}R^2} \Delta R\right)^2} \quad (\text{Ek4.15})$$

olur. Burada $\ell_{ort}=0.312$ m, $\Delta \ell_{ort}=1.10^{-3}$ m, $N=178$, $\Delta N=1$ sarım, ve $R=0,51$ Ω , $\Delta R=0.01$ Ω olarak değerleri yukarıdaki eşitlikte yerine koyduğumuzda $\Delta H = \pm 2.56$ A/m olarak hesaplanır.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Çağdaş ERDÖNMEZ
Doğum Yeri ve Tarihi :OSMANGAZİ / 28.05.1989
Yabancı Dili :İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise :Bursa Atatürk Lisesi / 2004-2006
Lisans :Uludağ Üniversitesi / 2008-2012
Yüksek Lisans :Uludağ Üniversitesi / 2013-2018
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :Birlik Jeneratör / 2012-...
İletişim (e-posta) :cagdaserdonmez@hotmail.com

Yayımları*

:

Erdonmez, C., Derebasi, N., Gunes, T. 2016. Influence of Hole Geometry on Magnetic Flux Density Distribution in LaserCut Non-oriented Electrical Steels at Power Frequencies - Journal of Superconductivity and Novel Magnetism - J Supercond Nov Magn. doi:10.1007/s10948-016-3682-0

Derebasi, N., Erdonmez, C. 2016. Influence of Hole Size and Cutting Method on Localised Flux Density Distribution Around a Hole in Non-oriented Electrical Steels - Journal of Superconductivity and Novel Magnetism- J Supercond Nov Magn. doi:10.1007/s10948-016-3684-y

Gunes, T., Derebasi, N., Erdonmez, C. 2015. Localized Flux Density Distribution Around a Hole in Non-Oriented Electrical Steels-IEEE Transactions on Magnetics (Volume: 51, Issue: 1, Jan. 2015 DOI: 10.1109/TMAG.2014.2359575).