



**AMORF TOROİD DÖNÜŞTÜRÜCÜDE BÖLGESEL AKI DAĞILIMININ  
UYGULANAN KUVVETLE DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ**

**MAHMUT KEMAL BEKTAŞ**



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AMORF TOROİD DÖNÜŞTÜRÜCÜDE BÖLGESEL AKI DAĞILIMININ  
UYGULANAN KUVVETLE DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ**

**Mahmut Kemal BEKTAŞ**

Prof. Dr. Dr. Naim DEREBAŞI  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
FİZİK ANABİLİM DALI

BURSA 2016  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ ONAYI

Mahmut Kemal BEKTAŞ tarafından hazırlanan “Amorf Toroid Dönüştürücüde Bölgesel Akı Dağılımının Uygulanan Kuvvetle Değişiminin İncelenmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu 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,  
Fizik Anabilim Dalı

İmza



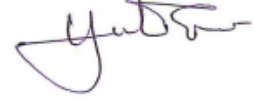
**Üye :** Prof. Dr. Muhtidin AHMETOĞLU  
Uludağ Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi,  
Fizik Anabilim Dalı

İmza



**Üye :** Prof. Dr. Yüksel ERGÜN  
Anadolu Üniversitesi, Fen Fakültesi,  
Fizik Anabilim Dalı

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım

  
Prof. Dr. Ali Osman DEMİR  
Enstitü Müdürü

30.10/2016

**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.**

**30/06/2016**

**İmza**

**Mahmut Kemal BEKTAŞ**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### AMORF TOROID DÖNÜŞTÜRÜCÜDE BÖLGESEL AKI DAĞILIMININ UYGULANAN KUVVETLE DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

**Mahmut Kemal BEKTAŞ**

Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Fizik Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof Dr Dr Naim DEREBAŞI

Amorf toroid dönüştürücüye uygulanan kuvvetle birlikte bölgesel akı dağılımı incelenmiştir. Toroid dönüştürücüde manyetik gerilmesi sifıra yakın olan Metglas 2705X ile manyetik gerilmesi yüksek olan Metglas 2605SA1 kullanılmıştır. 2605SA1 amorf maddesinin yüksek manyetik gerilmesine bağılı olarak dış kuvvete daha duyarlıdır. Karşılaştırma yapılırken amorf toroid dönüştürücüde 4 farklı bobin oluşturulmuştur. Birincisi dönüştürücüyü enerjilemek için, diğlerleri ise gerilmeye ve kuvvete bağılı olarak çıkış gerilimindeki farkı algılayabilmek için değme noktasına göre 0°, 45° ve 90° konumlarda yerleştirilmiştir. Bu şekilde manyetik gerilmenin dönüştürücü üzerinde farklı konumlardaki değlerleri ölçülebilmştir. Ölçümler 1, 5 ve 10 kHz frekans değlerlerinde ve 50, 100 ve 150 mT manyetik akı yoğunluğu değlerlerinde yapılmıştır. Çıkan bütün sonuçlar değlendirilerek tahmin için bir yapay sinir ağı oluşturulmuştur. Bu yapay sinir ağında iyi bir tahmin etme özelliğı sağılanmış ve %99,98 doğrulukla tahmin gerçekteşmiştir. Yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçlar ile yapay sinir ağında elde edilen sonuçlar uyum içinde elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** amorf toroid dönüştürücü, akı dağılımı, yapay sinir ağıları,

**2016, xi+61 sayfa.**

## **ABSTRACT**

M.Sc. Thesis

### **INVESTIGATION OF LOCALISED FLUX DISTRIBUTION WITH APPLIED FORCE ON AMORPHOUS TOROIDAL TRANSDUCER**

**Mahmut Kemal BEKTAŞ**

Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Physics

Supervisor: Prof Dr Dr Naim DEREBAŞI

Localised flux distribution were investigated with applied force on amorphous toroidal transducer. Metglas 2605SA1 which has high magnetostriction and Metglas 2705X which has almost zero magnetostriction were used on toroidal transducer. The 2605SA1 amorphous ribbon is more sensitive to applied force due to its high magnetostriction. Amorphous toroid transducer consists of a primary coil to magnetise and  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  and  $90^\circ$  three search coils located  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  and  $90^\circ$  due to contact point to detect the induced voltage. Then magnetostriction was measured on different toroidal locations over the transducer. The transducer was magnetised with the frequency levels of 1, 5 and 10 kHz, in the flux density levels of 50, 100 and 150 mT. An artificial neuron network model was developed to estimate from the experimental results. A good prediction feature provided in this model and 99,98% accuracy prediction has been realized. The results obtained from artificial neural network and measurements are in good agreement.

**Key words:** amorphous toroid transducer, flux distribution, artificial neural network

**2016, xi+61 page.**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamda bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan ve bu konuda desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof Dr Dr Naim DEREBAŞI'na sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca, bu tez çalışmasının oluşabilmesi için maddi ve manevi hiçbir zaman desteğini esirgemeyen ve benim bugüne kadar başarmış olduğum her şeyde katkısı bulunan babam Aydın BEKTAŞ'a sonsuz teşekkür ederim.

Her zaman bana destek olan sevgili eşim Hümevra BEKTAŞ'a, abim Adem BEKTAŞ'a, ablam Ayşegül DEMİR'e, kız kardeşim Şeyma Gül BEKTAŐOĐLU'na ve annem Sevim BEKTAŞ'a sonsuz teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER .....	2
2.1. Manyetizma Çeşitleri .....	2
2.1.1. Diamanyetizma .....	2
2.1.2. Paramanyetizma .....	2
2.1.3. Ferromanyetizma .....	4
2.1.4. Antiferromanyetizma .....	5
2.1.5. Ferrimanyetizma .....	5
2.2. Manyetik Maddeler .....	7
2.2.1 Amorf Maddeler .....	7
2.2.1.1 Amorf Maddelerin Üretimi .....	8
2.2.1.2. Amorf Ferromanyetik Şeritler .....	9
2.2.1.3. Amorf Maddelerin Özellikleri .....	10
2.2.1.3.1. Manyetik Gerilme .....	10
2.2.1.3.2. Manyetik Geçirgenlik .....	12
2.2.1.3.3. Histerezis Eğrisi .....	12
2.3. Yapay Sinir Ağları .....	14
2.3.1. Yapay Sinir Ağları Ve Özellikleri .....	14
2.3.2. Yapay Sinir Ağlarının Öğretim Yöntemlerinin Sınıflandırılması .....	15
2.3.2.1. Öğreticili Öğrenme .....	18
2.3.2.2. Öğreticisiz Öğrenme .....	18



3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	20
3.1. Amorf Toroid Dönüştürücü .....	20
3.2. Yapay Sinir Ağları İle Tahmin .....	35
4. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	50
4.1. Amorf Toroid Dönüştürücü Sonuçlarının Tartışılması .....	50
4.2. Yapay Sinir Ağları ile Yapılan Tahmin Sonuçlarının Tartışılması .....	51
4.3. Sonuç .....	51
KAYNAKLAR .....	53
EKLER .....	55
ÖZGEÇMİŞ .....	61
TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLAMA İZİN FORMU .....	62

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
Fe	Demir
Co	Kobalt
$\chi$	Manyetik alınganlık
C	Curie Sabiti
B	Manyetik akı yoğunluğu
T	Sıcaklık
K	Kelvin
$H_c$	Sıfırlayıcı Alan
$\mu$	Manyetik geçirgenlik
$\lambda$	Manyetik gerilme
$\lambda_s$	Doyum manyetik gerilmesi
$T_c$	Curie sıcaklığı
H	Manyetik alan şiddeti
$V_{rms}$	Gerilimin tepeden tepeye değeri
N	Bobinin sarım sayısı
A	Kesit alanı
f	Frekans
F	Kuvvet
V	Gerilim
$\sigma$	Gerilme
$E_\lambda$	Manyetik elastik enerji
M	Mıknatıslanma
$M_s$	Doyum Mıknatıslanması
$\chi$	Alınganlık

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
YSA	Yapay Sinir Ağları
AC	Alternatif akım
AF	Antiferromanyetik
P	Paramanyetik
$\mu\text{m}$	mikrometre
dak	dakika
mm	milimetre
cm	santimetre
kHz	kilohertz
mT	militesla
gr	gram
mV	milivolt

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Diamanyetik bir maddenin (a) mıknatıslanmasının manyetik alan şiddeti ile değişimi, (b) alınganlığının sıcaklıkla değişimi .....	2
Şekil 2.2. Paramanyetik bir maddenin (a) mıknatıslanmasının manyetik alan şiddeti ile değişimi, (b) alınganlığının sıcaklıkla değişimi .....	3
Şekil 2.3. Bir ferromıknatısın mıknatıslanma süreci .....	4
Şekil 2.4. Bir antiferromanyetik maddenin alınganlığının ve ters alınganlığının sıcaklığa bağlı değişimi.....	5
Şekil 2.5. Bir ferritin doyum mıknatıslanmasının ve alınganlığının tersinin zamana bağlılığının şematik gösterimi .....	6
Şekil 2.6. Kristal ve amorf yapı .....	7
Şekil 2.7. Dönen kasağın dış ve iç yüzeyi üzerine döküm yaparak hızlı soğutma tekniği .....	8
Şekil 2.8. Manyetik gerilme mekanizması .....	12
Şekil 2.9. Bir kolay mıknatıslanabilir maddenin histerezis eğrisi .....	13
Şekil 2.10. Biyolojik sinir hücresi .....	14
Şekil 2.11. Bir yapay sinir ağının genel yapısı .....	15
Şekil 2.12. Nöronun matematiksel modeli .....	16
Şekil 2.13. Aktarım fonksiyonları .....	16
Şekil 2.14. Öğrenme yöntemleri .....	17
Şekil 2.15. Kohonen ağı .....	19
Şekil 3.1. Amorf Toroid Dönüştürücü .....	22
Şekil 3.2. Devre şeması .....	23
Şekil 3.3. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücüde 1 kHz frekansta indüklenen çıkış geriliminin uygulanan kuvvetle (a) 50 mT (b) 100 mT (c) 150 mT manyetik akı yoğunluğu değerlerinde değişimi .....	28
Şekil 3.4. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücüde 5 kHz frekansta indüklenen çıkış geriliminin uygulanan kuvvetle (a) 50 mT (b) 100 mT (c) 150 mT manyetik akı yoğunluğu değerlerinde değişimi .....	29

Şekil 3.5. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücüde 10 kHz frekansta indüklenen çıkış geriliminin uygulanan kuvvetle (a) 50 mT (b) 100 mT (c) 150 mT manyetik akı yoğunluğu değerlerinde değişimi .....	30
Şekil 3.6. 2705X amorf toroid dönüştürücüde 1 kHz frekansta indüklenen çıkış geriliminin uygulanan kuvvetle (a) 50 mT (b) 100 mT (c) 150 mT manyetik akı yoğunluğu değerlerinde değişimi .....	31
Şekil 3.7. 2705X amorf toroid dönüştürücüde 5 kHz frekansta indüklenen çıkış geriliminin uygulanan kuvvetle (a) 50 mT (b) 100 mT (c) 150 mT manyetik akı yoğunluğu değerlerinde değişimi .....	32
Şekil 3.8. 2705X amorf toroid dönüştürücüde 10 kHz frekansta indüklenen çıkış geriliminin uygulanan kuvvetle (a) 50 mT (b) 100 mT manyetik akı yoğunluğu değerlerinde değişimi .....	33
Şekil 3.9. 2605SA1 ve 2705X amorf toroid dönüştürücüde çıkış gerilimi için geliştirilen yapay sinir ağı modeli.....	34
Şekil 3.10. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinin öğrenme sonuçlarını gösteren ekran .....	35
Şekil 3.11. 2705X amorf toroid dönüştürücünün çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinin öğrenme sonuçlarını gösteren ekran.....	36
Şekil 3.12. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinde giriş verileri ile öğrenme sonucunda elde edilen çıkış verilerinin uyumu .....	37
Şekil 3.13. 2705X amorf toroid dönüştürücünün çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinde giriş verileri ile öğrenme sonucunda elde edilen çıkış verilerinin uyumu.....	37
Şekil 3.14. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün manyetik akı yoğunluğunun (B) uygulanan frekans (f) ile değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi .....	40
Şekil 3.15. 2705X amorf toroid dönüştürücünün manyetik akı yoğunluğunun (B) uygulanan frekans (f) ile değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi .....	40
Şekil 3.16. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün manyetik akı yoğunluğunun (B) uygulanan kuvvet (F) ile değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.....	41

Şekil 3.17. 2705X amorf toroid dönüştürücünün manyetik akı yoğunluğunun (B) uygulanan kuvvet (F) ile değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.....	41
Şekil 3.18. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün manyetik akı yoğunluğunun (B) açığa bağlı değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi .....	42
Şekil 3.19. 2705X amorf toroid dönüştürücünün manyetik akı yoğunluğunun (B) açığa bağlı değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.....	42
Şekil 3.20. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün frekansının (f) kuvvet (F) ile değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.....	43
Şekil 3.21. 2705X amorf toroid dönüştürücünün frekansının (f) kuvvet (F) ile değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi .....	43
Şekil 3.22. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün frekansının (f) açığa bağlı değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi .....	44
Şekil 3.23. 2705X amorf toroid dönüştürücünün frekansının (f) açığa bağlı değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.....	44
Şekil 3.24. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün kuvvetin (F) açığa bağlı değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.....	45
Şekil 3.25. 2705X amorf toroid dönüştürücünün kuvvetin (F) açığa bağlı değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.....	45
Şekil 3.26. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinin sonuç ekranı .....	47
Şekil 3.27. 2705X amorf toroid dönüştürücünün çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinin sonuç ekranı .....	47
Şekil 3.28. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinde giriş sına verileri ile tahmin edilen veriler arasındaki uyum.....	48
Şekil 3.29. 2705X amorf toroid dönüştürücünün çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinde giriş sına verileri ile tahmin edilen veriler arasındaki uyum.....	48

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Bazı Amorf Ferromanyetik Kimyasal Bileşimleri .....	7
Çizelge 2.2. Bazı Amorf Ferromanyetik Şeritlerin Özellikleri .....	7
Çizelge 3.1. 2605SA1 ve 2705X Amorf Şeritlerin Özellikleri .....	17
Çizelge 3.2. Çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinde giriş verilerinin çıkış gerilimine yüzde katkı oranı .....	39



## 1.GİRİŞ

Amorf şerit malzemelerin mükemmel manyetik özellikleriyle birlikte çok iyi olan elastik özellikleri, bu malzemeleri dönüştürücü ve algılayıcı uygulamalarında tercih edilir hale getirmektedir. Malzeme uyarılma ve gerilmeye maruz kaldığında manyetik domainlerin son durumu anizotropi enerjisiyle belirlenir (Meydan 1992). Temel bir amorf şerit dönüştürücü, bir AC akım uygulanan mıknatıslama bobinleriyle mıknatıslandığında algılayıcı bobinlerin çıkış gerilimi uygulanan kuvvetin, indüklenen frekansın ve akı yoğunluğunun bir fonksiyonu olur. Amorf şerit toroid dönüştürücüde bir kuvvetin uygulanması domain yapısında bir değişime neden olan bölgesel gerilmeyi ortaya çıkarmaktadır ve bundan dolayı algılayıcı bobinin indüklenen geriliminde bu bölgelerde bir değişim meydana gelir. Eğilme gerilmesinden dolayı iç yüzeyde bir basınçlı gerilme oluşacağından bir çekme gerilmesi toroid çekirdeğin dış yüzeyinde indüklenebilir. Eğilme bölgesinde ortogonal algılayıcı bobinlerle kuvvet altında domain yapısından dolayı akı dağılımını incelenmiştir (Derebaşı 1997).

Bu araştırmada uygulanan kuvvetle birlikte Fe esaslı Metglas 2605SA1 ve Co esaslı Metglas 2705X amorf şerit toroid dönüştürücü kullanılarak değme noktasına göre  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  ve  $90^\circ$ 'de konumlanmış algılayıcı bobinlerle bölgesel akı yoğunluğundaki değişim tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca elde edilen deneysel verilerden yararlanılarak yapay sinir ağı yardımıyla bölgesel akı dağılımı hakkında tahminler yapılmıştır. Bölgesel akı yoğunluğu değişimi aynı zamanda yüksek (Metglas 2605SA1) ve sıfıra yakın (Metglas 2705X) manyetik gerilmesi olan maddelerde araştırılmıştır.



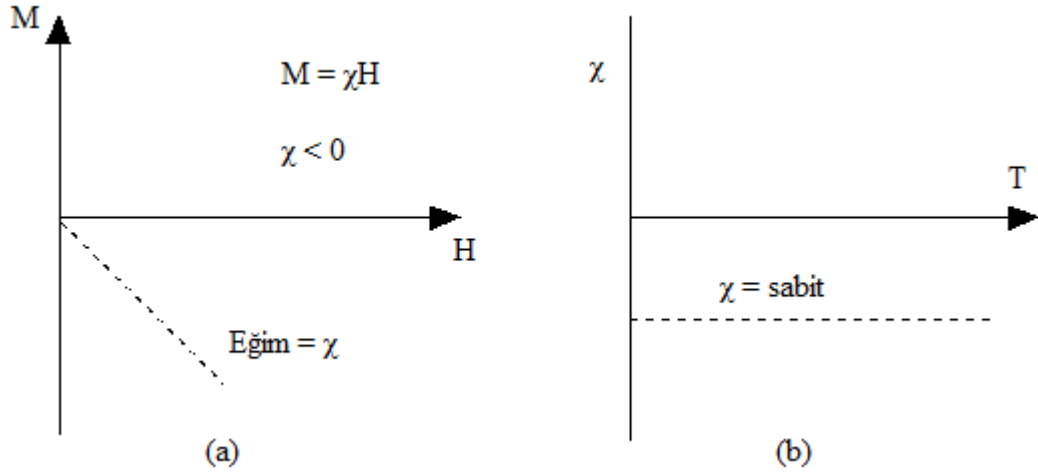
## 2.KURAMSAL BİLGİLER

### 2.1. MANYETİZMA ÇEŞİTLERİ

#### 2.1.1. Diamanyetizma

Negatif manyetizma gösteren ve kalıcı net manyetik momentleri olmayan maddelere diamanyetik maddeler denir. Atomlarında net manyetik momentleri olmamasına rağmen uygulanan alana farklı bir şekilde tepki verirler.

Diamanyetizma sadece dış bir manyetik alanda görülen manyetizmanın zayıf bir şeklidir. Dış manyetik alandan dolayı elektronların yörüngesel hareketlerindeki değişimlerin bir sonucudur. İndüklenen manyetik moment çok küçüktür ve uygulanan alanla zıt yönlüdür. Bakır (Cu), Altın (Au), Gümüş (Ag), Bizmut (Bi) gibi elementler diamanyetikdir. Şekil 2.1.(a)'da diamanyetik bir maddenin mıknatıslanma-manyetik alan şiddeti grafiği ve bu grafikten alınganlığın elde edilmesi, Şekil 2.1.(b)'de diamanyetik bir maddenin alınganlığının sıcaklıkla değişimi gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Diamanyetik bir maddenin (a) mıknatıslanmasının manyetik alan şiddeti ile değişimi, (b) alınganlığının sıcaklıkla değişimi

#### 2.1.2. Paramanyetizma

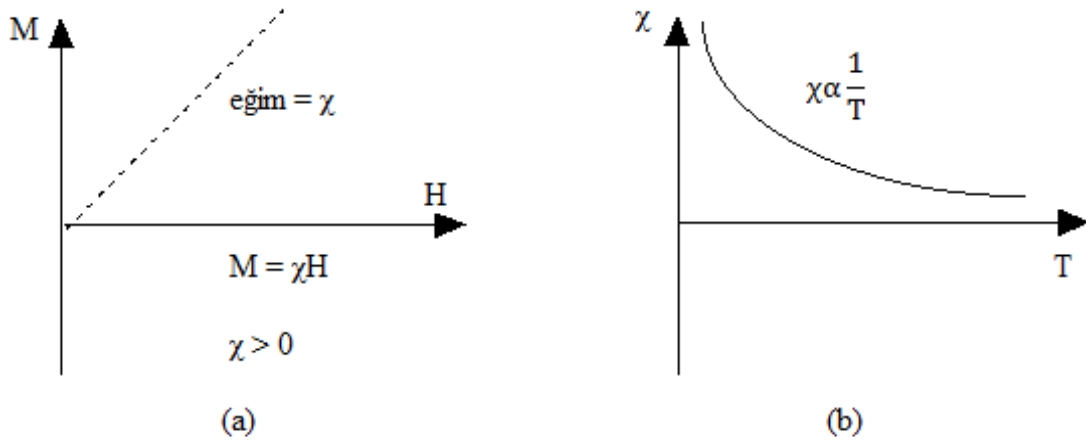
Paramanyetik maddeler pozitif fakat küçük bir manyetik alınganlığa sahiptir ( $0 < \chi \ll 1$ ). Bu alınganlık, sürekli manyetik dipol momentli olan atomların (ya da iyonların) varlığından kaynaklanır. Bu momentler birbirleri ile yalnız çok zayıf etkileşimde bulunurlar ve bir dış manyetik alan içerisinde bulunmadıkları zaman gelişigüzel

yönelmişlerdir. Madde bir dış manyetik alan içerisine konulduğu zaman, atomik momentleri alan yönünde yönelmeye zorlanırlar.

Paramanyetik bir maddenin mıknatıslanması manyetik alanla doğru, mutlak sıcaklıkla ters orantılıdır.

$$M = \chi H = \frac{C}{T} H \quad (2.1)$$

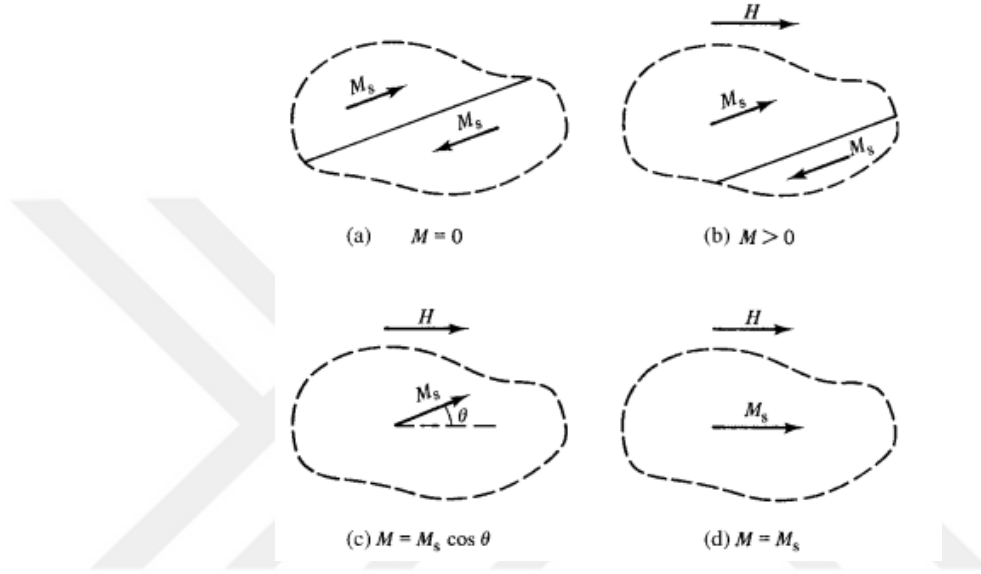
Bu ifadeye Curie Yasası denir ve burada C, Curie sabitidir.  $H = 0$  olduğunda mıknatıslanma sıfırdır; bu durum çiftkutuplu (dipol) momentlerin rastgele yönelmiş olmalarına karşılık gelir. Bağlantı, mıknatıslanmanın artan alanla ve azalan sıcaklıkla arttığını göstermektedir. Çok yüksek alanlarda veya çok düşük sıcaklıklarda, mıknatıslanma en büyük değerine veya doyum değerine yaklaşır. Bu durumda, tüm manyetik çiftkutuplu momentler uygulanan alan yönünde dizilmişler demektir ve bu bağlantı artık geçerli değildir. (Serway 2000). Şekil 2.2.(a)'da paramanyetik bir maddenin mıknatıslanma-manyetik alan şiddeti grafiği ve bu grafikten alınganlığın elde edilmesi, Şekil 2.2.(b)'de paramanyetik bir maddenin alınganlığının sıcaklıkla değişimi gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Paramanyetik bir maddenin (a) mıknatıslanmasının manyetik alan şiddeti ile değişimi, (b) alınganlığının sıcaklıkla değişimi

### 2.1.3. Ferromanyetizma

Ferromanyetik maddeler, zayıf bir dış manyetik alan içinde bile birbirlerine paralel olarak yönelmeye çalışan atomik manyetik çiftkutuplu momentler içerirler. Momentler paralel hale getirildikten sonra, dış alan ortamdaki kaldırılabilir madde mıknatıslanmış olarak kalır. Bu sürekli yönelim, komşu olan manyetik momentler arasındaki kuvvetli bir etkileşimden kaynaklanır. (Serway 2000).

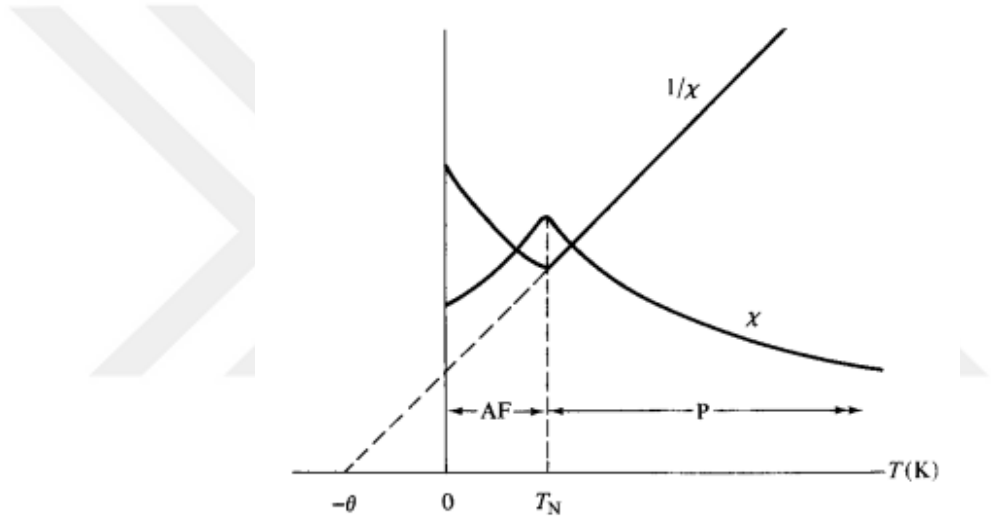


Şekil 2.3. Bir ferromıknatısın mıknatıslanma süreci.

Şekil 2.3.a'da kesikli çizgi domaine sahip parçalara ayrılmıştır. Sınırdaki domainleri birbirinden ayıran kısma domain duvarı denir. İki domain zıt yönlerde kendiliğinden mıknatıslanmış olduğunda kristalin bu kısmının net mıknatıslanması sıfır olur. Şekil 2.3.b'deki gibi dış bir manyetik alan uygulandığında domain duvarının aşağıya doğru hareketi sonucunda üstteki domainde büyüme meydana gelir. Şekil 2.3.c'de olduğu gibi domain duvarı bir süre sonra aşağıya gitmesi sonucu ortadan kalkar. Alan uygulanmaya devam ettiğinde mıknatıslanma uygulanan alana paralel olacak şekilde döner ve madde doyuma ulaşır (Şekil 2.3.d). Bütün süreç boyunca herhangi bir bölgede mıknatıslanmanın genliğinde bir değişim olmaz. Sadece yönde değişim olur. (Cullity 2009).

#### 2.1.4. Antiferromanyetizma

Antiferromanyetik maddelerin düşük sıcaklıklarda küçük ve pozitif alınganlıkları vardır. Fakat alınganlıkları sıcaklıkla kendine özgü bir şekilde değişir. Bir antiferromanyetik maddenin alınganlığının sıcaklıkla değişimi Şekil 2.4'de gösterildiği gibidir. Sıcaklık azaldıkça alınganlık da azalır. Fakat Neel sıcaklığı olarak adlandırılan kritik bir sıcaklıkta alınganlık en büyük değerine ulaşır. Madde bu kritik sıcaklığın üzerinde paramanyetik, altında ise antiferromanyetik olur. Çoğu antiferromanyetik madde oksit, sülfid, klorit gibi iyonik bileşiklerdir. (Cullity 2009).

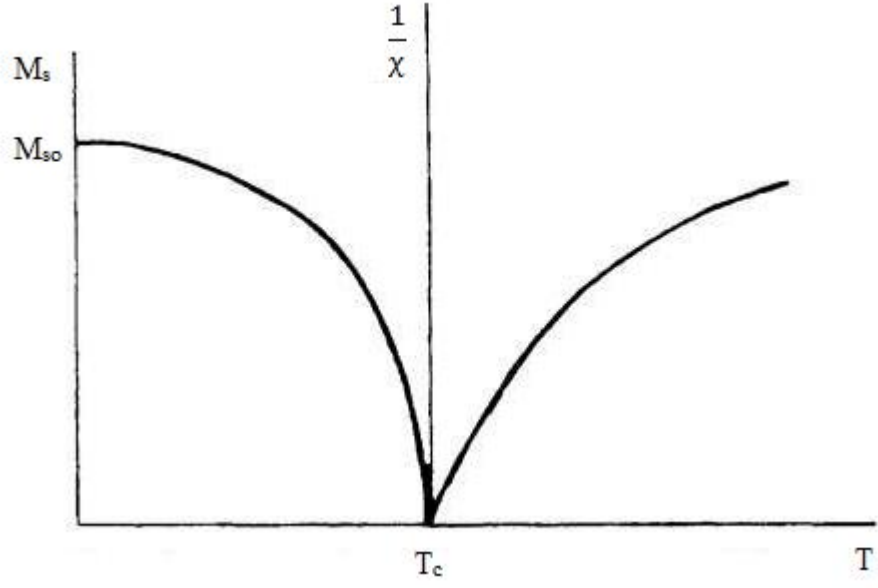


Şekil 2.4. Bir antiferromanyetik maddenin alınganlığının ve ters alınganlığının sıcaklığa bağlı değişimi. AF=antiferromanyetik, P=paramanyetik

#### 2.1.5. Ferrimanyetizma

Ferrimanyetik maddeler tıpkı ferromanyetikler gibi oda sıcaklığında hemen hemen tam bir kendiliğinden mıknatıslanma özelliği gösterirler ve bu ferrimanyetikleri endüstriyel açıdan önemli duruma getirir. Ferromanyetikler gibi manyetik olarak doymuş domainlerden meydana gelirler. Kendiliğinden mıknatıslanmaları Curie sıcaklığının üzerinde kaybolur ve paramanyetik olurlar. En önemli ferrimanyetik maddeler demirin ve diğer metallerin belli çift oksitleridir. Şekil 2.5.'de bir ferritin doyum

mıknatıslanmasının ve alınganlığının tersinin sıcaklığa bağlılığının Şematik gösterimi verilmiştir.



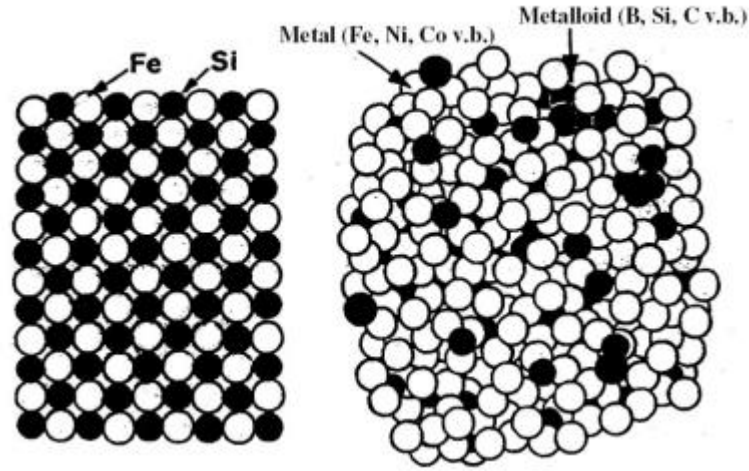
Şekil 2.5. Bir ferritin doyum mıknatıslanmasının ve alınganlığının tersinin sıcaklığa bağlılığının Şematik gösterimi

## 2.2. MANYETİK MADDELER

Manyetik maddeler Şekil 2.9.'da gösterildiği gibi sıfırlayıcı alanlarına göre ikiye ayrılır. Sıfırlayıcı alanları 10 k A/m'den küçük olan maddeler kolay mıknatıslanabilir maddeler (soft), 10 k A/m'den büyük olan maddeler zor mıknatıslanabilir maddeler (hard) denir. Kolay mıknatıslanabilir maddeler de kendi içinde elektrik çelikleri, şekilsiz (amorf) maddeler veya metal camları, nanokristal maddeler ve parçacıklı (kompozit) maddeler şeklinde gruplara ayrılır. Bu çalışmada kolay mıknatıslanabilir maddelerden amorf maddeler kullanıldığından amorf maddelerin özellikleri daha ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

### 2.2.1. Amorf Maddeler

Amorf durum, atomların kararlı bir kristal yapıya sahip olmadığı, kristal yapıdan çok düzensiz küresel topluluklar yapısı olarak tanımlanmaktadır. Genellikle sıvı halinin ani olarak soğutulmasıyla kristal yapıya geçecek fırsatı bulamaz ve düzensiz olarak kalırlar. Bu durum şekil 2.6.'da gösterilmektedir (Derebaşı 1994).



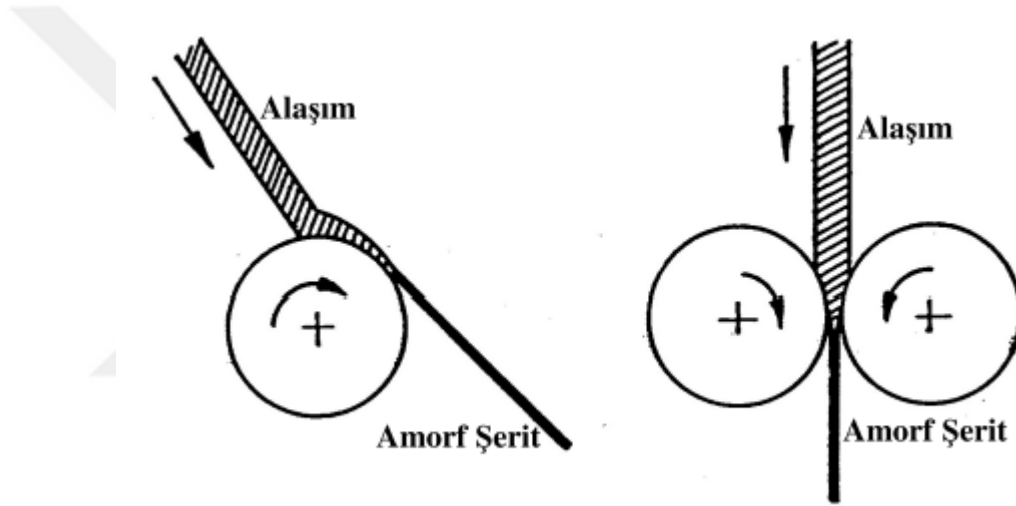
Şekil 2.6. Kristal ve Amorf Yapı

Amorf maddelerin temel kimyasal bileşimi  $T_xM_{100-x}$ 'dir. Burada T, bir veya daha fazla geçiş elementi olan demir (Fe), nikel (Ni), kobalt (Co) ve M ise bir veya daha fazla camsı element olan fosfor (P), bor (B), karbon (C), silisyum (Si), molibden (Mo) temsil etmektedir. Burada x atomik yüzde olup bu amorf maddeler için %70-%86 değerleri arasında değişmektedir.

### 2.2.1.1. Amorf Maddelerin Üretimi

Amorf maddelerin üretilmesi sırasında madde erimiş halden katı hale geçerken soğuma hızı yaklaşık  $10^5$ - $10^6$  K/s'dir. Böylelikle madde kristal yapıya geçmeden amorf olarak yani düzensiz bir yapıda katılaşır.

Amorf maddeleri üretmek için vakum buharlaştırma, iyon aşılama, katot püskürtme ve sürekli döküm gibi farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan en önemlilerinden biri sürekli döküm yöntemidir. Bu yöntem Şekil 2.7.'de gösterilen döner kasnağın dış veya iç yüzüne yatay ya da dikey olarak sıvı metalinin sabit hızla püskürtülmesiyle uygulanır. (Erdem 2006).



Şekil 2.7. Döner kasnağın dış ve iç yüzeyi üzerine döküm yaparak hızlı soğutma tekniği (Derebaşı 1994).

Madde ısıtılıp eritildikten sonra azot veya argon gazlarıyla püskürtülür. Kasnağın üzerine gelen metal hızla katılaşır. Sonra kasnaktan metal şerit olarak toplanır. Bu işleme etki eden çeşitli parametreler vardır; gaz basıncı, erime sıcaklığı, erimiş metalin çıktığı yerin çapı ve uzunluğu, kasnak hızı ve püskürtme açısı gibi. Amorf maddeler genel olarak 20-30  $\mu$ m kalınlığında ve 2 km/dak hızla üretilmektedir.

### 2.2.1.2. Amorf Ferromanyetik Şeritler

Amorf alaşımların manyetik özellikleri kimyasal bileşimlerine bağlıdır. Böylece her uygulama için uygun bir amorf şerit seçilebilir ve bu şekilde istenen manyetik özellikler sağlanmış olur. Çizelge 2.1.'de bazı amorf manyetik alaşımların ticari adları ve kimyasal bileşimleri verilmiştir. Çizelge 2.2.'de ise bu amorf manyetik alaşımların fiziksel ve manyetik özellikleri verilmiştir.

Metglas 2605SC gibi demir esaslı alaşımlar yüksek manyetik gerilmeye sahiptirler. Aynı zamanda demir esaslı alaşımlar, manyetik alaşımların termal olarak en istikrarlı olanıdır.

Çizelge 2.1. Bazı Amorf Ferromanyetik Şeritlerin Kimyasal Bileşimleri

TİCARİ ADI	NUMARA	KİMYASAL BİLEŞİM	FİRMA VE ÜLKE ADI
	2605SA1	$Fe_{80}B_{11}Si_9$	
	2605SC	$Fe_{81}B_{13,5}Si_{3,5}C_2$	
	2605S3A	$Fe_{76,5}Cr_2B_{16}Si_5C_{0,5}$	
<b>Metglas</b>	2705M	$Fe_4Co_{69}Ni_1Mo_2B_{12}Si_{12}$	Allied Signal Inc.,
	2705X	$Fe_{5,85}Co_{72,15}Mo_2B_{15}Si_5$	ABD
	2714A	$Fe_4Co_{66}Ni_1B_{14}Si_{15}$	
	2826MB	$Fe_{40}Ni_{38}Mo_4B_{18}$	



Çizelge 2.2. Bazı Amorf Ferromanyetik Şeritlerin Özellikleri

Alaşım	Doyum Mıknatıslanması (T)	Doyum Manyetik Gerilmesi (ppm)	Elektriksel Direnci ( $\mu\Omega\text{-cm}$ )	Curie Sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )	Yoğunluğu ( $\text{g/cm}^3$ )	Kristalleşme sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )
2605SA1	1,56	27	130	395	7,18	510
2605SC	1,61	30	135	370	7,32	480
2605S3A	1,41	20	138	358	7,29	535
2705M	0,77	<0,5	136	365	7,80	520
2705X	1,00	<0,5	115	530	8,06	
2714A	0,57	<0,5	142	225	7,59	550
2826MB	0,88	12	138	353	7,90	410

### 2.2.1.3. Amorf Maddelerin Özellikleri

Amorf alaşımların manyetik özellikleri atomik bileşimlerine bağlıdır. Bu yüzden belirli uygulamalara uygun özellikteki amorf şeritleri üretmek için doğru bileşimi seçmek gerekmektedir.

Genel olarak amorf alaşımların manyetik özellikleri elektrik çelikleriyle karşılaştırıldığında daha yüksek elektriksel dirence sahiptir. Düşük güç kayıplarına, kuvvetinden bir şey kaybetmeden esneklik özelliğine, yüksek aşınma direncine, daha küçük sıfırlayıcı alana ( $H_c$ ), daha büyük geçirgenliğe ( $\mu$ ) (Şekil 2.9) sahiptir. Çok yüksek hızlarda stratejik olmayan metallere üretilmektedir.

#### 2.2.1.3.1. Manyetik Gerilme

Bir madde bir manyetik alana maruz kaldığında boyutlarında bir değişim olmaktadır. Bu etkiye manyetik gerilme denir. Joule bir demir çubuğu zayıf bir alanla mıknatıslandığında boyunda bir artış gözlemlenmesiyle keşfedilmiştir. Manyetik gerilme;

$$\lambda = \frac{\Delta \ell}{\ell} \quad (2.2)$$

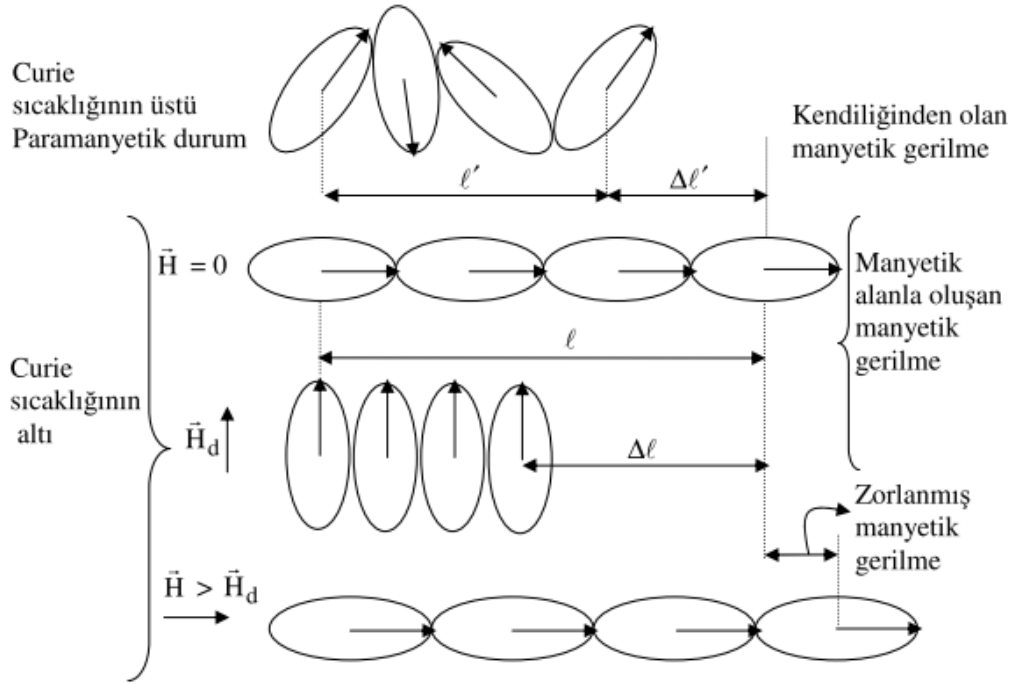
şeklinde oluşur. Manyetik gerilme bütün saf maddelerde oluşur. Fakat manyetik olarak güçlü olan maddelerde bile bu etki genelde küçüktür. Doyum manyetik gerilmesi ( $\lambda_s$ )  $10^{-5}$  derecesindedir.

Manyetik gerilme sadece gerilmenin yönü ile mıknatıslanma yönünün arasındaki açıya bağlıdır.

$$\lambda = \lambda_s \cos^2 \theta \quad (2.3)$$

Manyetik gerilme başlıca spin-yörünge çiftlenmesinden kaynaklanır. Bu çiftlenme aynı zamanda kristal anizotropisinden de sorumludur. Manyetik gerilme ve spin-yörünge çiftlenimi arasındaki ilişki Şekil 2.8.'de gösterilmiştir. Okların başlangıç noktaları atomun çekirdeğini, oklar atom başına net manyetik momentleri ve oval çizgiler ise her çekirdeğe ait elektronları temsil etmektedir. Üst sıradaki atomları Curie sıcaklığının ( $T_c$ ) üstündeki paramanyetik bölgeyi göstermektedir. Momentler için spin-yörünge çiftlenmesinin çok güçlü olduğu varsayılırsa Curie sıcaklığının altında oluşan kendiliğinden mıknatıslanmanın etkisi spinleri döndürmek olacaktır ve bazı belirli dizilimlerin içindeki elektron bulutları kristal anizotropisi ile belirlenecektir. Çekirdek ayrı bir şekilde daha fazla zorlandığında kendiliğinden manyetik gerilme  $\Delta\ell'/\ell'$  şeklinde olacaktır. Eğer daha sonra güçlü bir manyetik alan dikey bir şekilde uygulanırsa, spinler ve elektron bulutları  $90^\circ$  dönecektir ve bu atomların domainlerinin bir kısmı  $\Delta\ell/\ell$  kadar manyetik gerilmeleri zorlanacaktır.

Nadir toprak elementleri yukarıda bahsedilenlerin dışında kalmaktadır. Çünkü çoğu nadir toprak elementi oda sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda ferromanyetiktir ve spin-yörünge çiftlenmesi güçlüdür. Diğer taraftan her çekirdeğin elektron bulutu kesinlikle küresel değildir. Bundan dolayı manyetik alan spinleri döndürdüğünde yörüngeler de döner ve dikkate değer şekilde bozukluk ortaya çıkar. 22 K'de bazal düzlemde dispersiyumun doyum manyetik gerilmesi yaklaşık  $4,5 \times 10^{-3}$ 'tür (Cullity 2009).



Şekil 2.8. Manyetik gerilme mekanizması (Çaylak, 2008)

### 2.2.1.3.2. Manyetik Geçirgenlik

Bir manyetik maddenin geçirgenliği ( $\mu$ ), manyetik akı yoğunluğu (B) ve manyetik alan şiddetiyle (H) orantılıdır.

$$\mu = \frac{B}{H} \quad (2.4)$$

B ve H arasındaki ilişki lineer değildir ve bu ilişki Şekil 2.9.'da gösterilmektedir.

Amorf alaşımların genel olarak geçirgenliği üretimden sonra herhangi bir işlem uygulanmadığı durumda oldukça düşüktür. Fakat yeniden kristalleşme sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda geliştirilebilir. Ayrıca manyetik gerilme azaltılarak geçirgenlik artırılabilir.

### 2.2.1.3.3. Histerezis Eğrisi

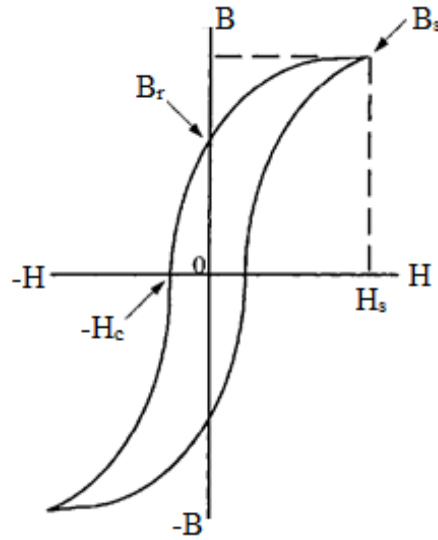
Ferromanyetik maddelerin manyetik özelliklerini belirlemenin en iyi yollarından biri farklı manyetik alan şiddeti (H) değerleri için manyetik akı yoğunluğu (B) değişimini çizmektir. Ferromanyetik maddeye uygulanan manyetik alan aynı yönde bir manyetik

akı yoğunluğuna sebep olur. Uygulanan manyetik alan artırılmaya devam ederse madde doyuma ulaşır. Bu duruma manyetik doyum ( $B_s$ ) denir. Bu durumda madde içindeki tüm manyetik momentler uygulanan manyetik alan yönünde yönelmişlerdir. Ferromanyetik madde mıknatıslandıktan sonra uygulanan alan sıfır değerine düşürülürse madde üzerinde kalan manyetik akı yoğunluğa artık alan ( $B_r$ ) veya artık mıknatıslanma ( $M_r$ ) denir.

Sıfırlayıcı alan ( $H_c$ ), mıknatıslanmayı ya da manyetik akı yoğunluğunu sıfıra düşürebilmek için gereken manyetik alandır (Şekil 2.9.). Sıfırlayıcı alanı 10 k A/m'den küçük olan maddelere kolay mıknatıslanabilir madde (soft), 10 k A/m'den büyük olan maddelere ise zor mıknatıslanabilir madde (hard) denmektedir.

Sıfırlayıcı alan safsızlık içeriği azaldıkça azalır. Amorf ferromanyetik alaşımlar düşük sıfırlayıcı alana, düşük histerezis kaybına ve yüksek geçirgenliğe sahiptir. Amorf maddelerdeki sıfırlayıcı alan, temel olarak alaşımın üretim aşamasındaki ani soğumayla oluşan iç mekanik kuvvetler tarafından belirlenir. Bunların çoğu küçük gerilmelerdir.

Tüm ferromanyetik maddeler uygun sıcaklıklara kadar ısıtılırsa paramanyetik madde olur. Ferromanyetik maddeden paramanyetik maddeye geçiş sıcaklığına Curie sıcaklığı ( $T_c$ ) denir.

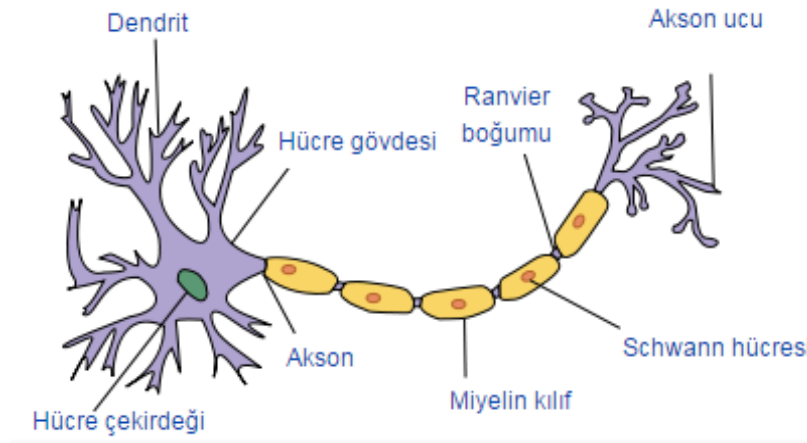


Şekil 2.9. Kolay Mıknatıslanabilir bir Maddenin Histerezis Eğrisi

## 2.3. YAPAY SİNİR AĞLARI

### 2.3.1. Yapay Sinir Ağları ve Özellikleri

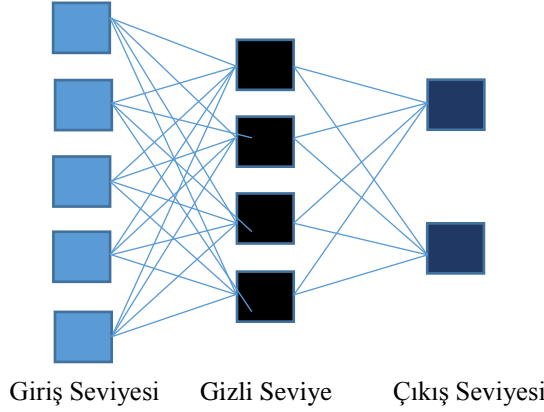
Yapay sinir ağları(YSA), insan beyninin bilgi işleme tekniğinden esinlenerek geliştirilmiş bir bilgi işlem teknolojisidir. YSA ile basit biyolojik sinir sisteminin çalışma şekli taklit edilir. Taklit edilen sinir hücreleri nöronlar içerirler ve bu nöronlar çeşitli şekillerde birbirlerine bağlanarak ağı oluştururlar. Canlılarda değişik duyu organlarından gelen birçok bilgi, sinir sistemi sayesinde beyne ulaşarak öğrenme, tepki verme gibi davranışlar sergilenir. Beyin çok sayıda ( $\sim 10^{11}$ ) ve birbirleri ile çoklu bağlantıya ( $\sim 10^4$ ) sahip nöronlardan oluşur. Nöronlar üç temel bileşene sahiptir: dendritler, hücre gövdesi ve aksonlar. Dendritler, duyu organlarından gelen elektriksel sinyalleri sinir hücresine ileten alıcı (reseptör) dallardır. Hücre gövdesi, gelen bu elektrik sinyallerini toplamak ile görevlidir. Aksonlar ise diğer nöronlar ile bağlantıyı sağlayan ince telsi yapılardır. Bir nörona ait akson ile diğer bir nörona ait dendritlerin birleşme noktasına sinaps denir. Şekil 2.10.'da biyolojik sinir hücresi gösterilmektedir (Derebaşı 2015).



Şekil 2.10. Biyolojik sinir hücresi

Yapay sinir ağları beyin kadar karmaşık yapıda olmamasına rağmen aralarında iki önemli benzerlik vardır. Bunlardan birincisi, her iki ağ da birbirleriyle çok sayıda bağlantıya sahip hesaplama bloklarından oluşmaktadır. Diğeri ise nöronlar arasındaki bağlantıların, ağın fonksiyonunu belirlemesidir (Hagan 1996).

Bir yapay sinir ağının genel yapısı Şekil 2.11.'de gösterilmektedir. İlk seviye giriş seviyesidir. Tercihe bağlı olarak farklı sayıda olabilen ara seviyelere gizli seviye ve son seviyeye ise çıkış seviyesi denir.



Şekil 2.11. Bir yapay sinir ağının genel yapısı

Bir nöron ağını matematiksel olarak modellemek için, ağdaki tüm nöronların ağa girişini etkileyen değerleri  $X_1, X_2, \dots, X_N$  olarak adlandırılır. Bu değerler diğer nöronların çıkışıdır.  $X$  vektörü  $W_1, W_2, \dots, W_N$  giriş ağırlıkları ile çarpılır. Bu ağırlıklar pozitif ve negatif değerler olabilir. Bu değerler toplanır ve nörondaki toplam enerji şu şekilde ifade edilir (Derebaşı 2015).

$$E = \sum_{i=1}^n X_i W_i \quad (2.5)$$

Nöronda çıkış verisinin belirlenmesi, bu toplam değer (E) bir fonksiyonda (F) işlenmesiyle yapılır. Bu fonksiyona aktarım fonksiyonu denir. Çıkış (Y) için matematiksel ifade şu şekilde ifade edilir:

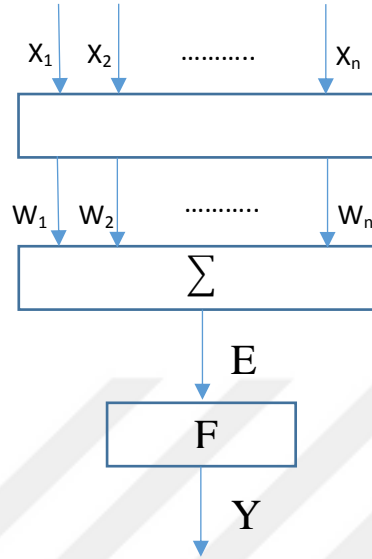
$$Y = FE \quad (2.6)$$

olur. Nöronun matematiksel modeli Şekil 2.12'de gösterilmiştir. Ağın gizli ve çıkış seviyelerinde kullanılan bazı aktarım fonksiyonları ve grafikleri ise Şekil 2.13.'de gösterilmiştir (Qnet2000 Help Manuel, Transfer Functions).

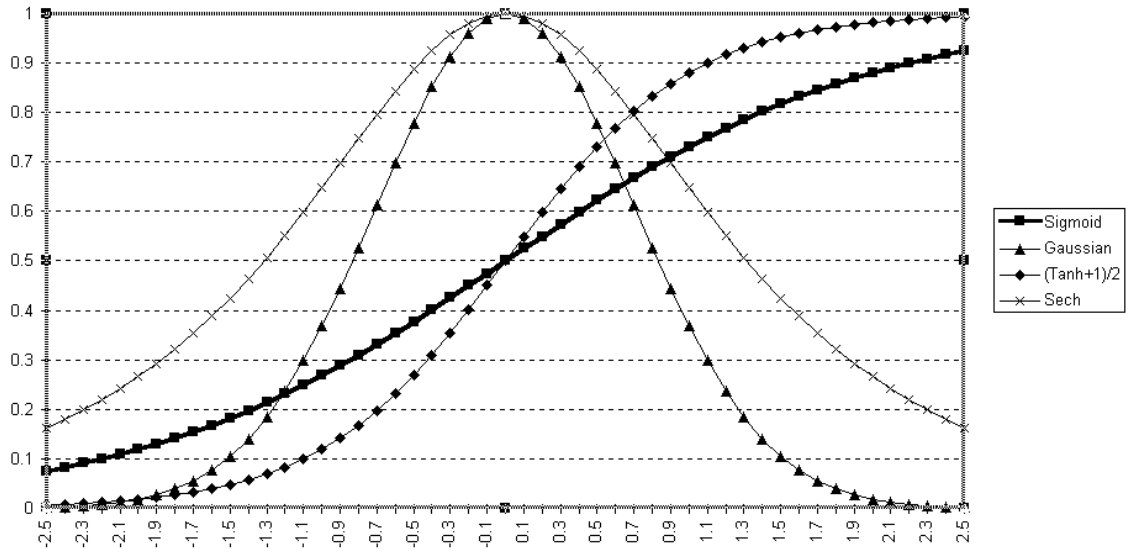
### 2.3.2. Yapay Sinir Ağlarının Öğretim Yöntemlerinin Sınıflandırılması

Bir sinir ağı tasarlamak için önce onun seviyelerinin sayısını, sonra gizli seviyedeki nöronların sayısını, daha sonra ilişkilerin ağırlığını vs. belirlemek gerekir. Bir sinir ağı

ilk çalışmaya başladığında ağırlık katsayıları rasgele verilir ve bu yüzden ağ henüz doğru olarak çalışmaya hazır değildir. Ağın doğru olarak çalışabilmesi için öğrenme işlemi yapılarak eğitilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.12. Nöronun matematiksel modeli

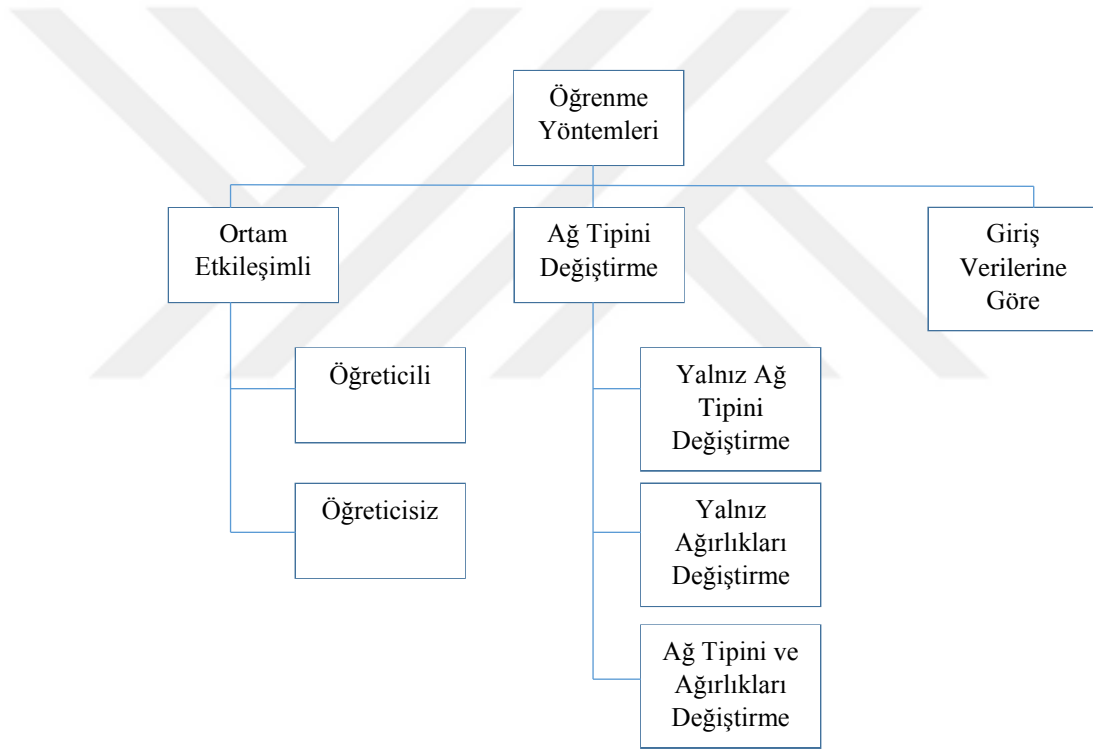


Şekil 2.13. Aktarım fonksiyonları

Yapay sinir ağlarının öğrenme sürecinde, dış ortamdan girişler alınır ve aktarım fonksiyonundan geçirilerek bir tepki çıkışı üretilir. Bu çıkış yine tecrübeyle verilen

çıkışla karşılaştırılarak hata bulunur. Çeşitli öğrenme algoritmalarıyla hata azaltılıp gerçek çıkışa yaklaşılmaya çalışılır. Bu çalışma süresince yenilenen yapay sinir ağının ağırlıklarıdır. Ağırlıklar her bir çevrimde yenilenerek amaca ulaşılmaya çalışılır. Amaca ulaşmanın ya da yaklaşmanın ölçüsü de yine dışarıdan verilen bir değerdir. Eğer yapay sinir ağı verilen giriş-çıkış çiftleriyle amaca ulaşmış ise ağırlık değerleri saklanır.

Ağırlıkların sürekli yenilenerek istenilen sonuca ulaşılan kadar geçen zamana öğrenme adı verilir. Yapay sinir ağı öğrendikten sonra daha önce verilmeyen girişler verilip, sinir ağı çıkışıyla gerçek çıkış yaklaşımı incelenir. Eğer yeni verilen örneklere de doğru yaklaşıyorsa sinir ağı işi öğrenmiş demektir. Şekil 2.14.'de öğrenme yöntemlerinin genel bir sınıflandırılması verilmiştir.



Şekil 2.14. Öğrenme yöntemleri (Derebaşı 2015).

### 2.3.2.1 Öğreticili Öğrenme

Öğreticili öğrenme, bir yapay sinir ağının eğitim verilerinden parametrelerini ayarladığı bir tekniğidir. Yapay sinir ağının öğrenmesinin amacı, çıkış değerlerini gördükten sonra herhangi bir giriş değeri için parametre değerlerini ayarlamaktır. Eğitim verileri giriş ve istenilen çıkış değerleri çiftlerinden meydana gelir. Öğreticili öğrenme,



sınıflandırıcıların kendi güçlü ve zayıf yönlerini de sınıflandırma yöntemi olarak ifade edilebilir.

Öğreticili öğrenmede problemi çözebilmek için çeşitli adımlar vardır. İlk olarak eğitim örneklerinin tipi belirlenir. İkinci adım olarak eğitim verilerinin verilen problemi tanımlamak için tatmin edici bir şekilde ayarlanması gerekmektedir. Üçüncü adımda toplanan eğitim verilerinin seçilen yapay sinir ağına anlaşılabilir bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. Dördüncü adımda öğrenme gerçekleşir ve öğrenmenin ardından test verileriyle birlikte öğrenilen yapay sinir ağının performansı test edilir. Test verileri öğrenilen yapay sinir ağına kullanılan verilerden olmaması gerekmektedir (Krenker 2011).

### 2.3.2.2 Öğreticisiz Öğrenme

Öğreticisiz öğrenme, bir yapay sinir ağının girilen verilerden ve en aza indirgenmiş maliyet fonksiyonundan parametrelerini ayarladığı bir tekniktir. Maliyet fonksiyonu, görev formülünden belirlenen herhangi bir fonksiyon olabilir. Öğreticisiz öğrenme genelde istatistiksel modelleme, sıkıştırma, filtreleme gibi tahmin problemlerinin uygulamalarında kullanılmaktadır (Krenker 2011). Hopfield ve Kohonen (Graupe 1997) algoritmaları en yaygın kullanılanlarıdır.

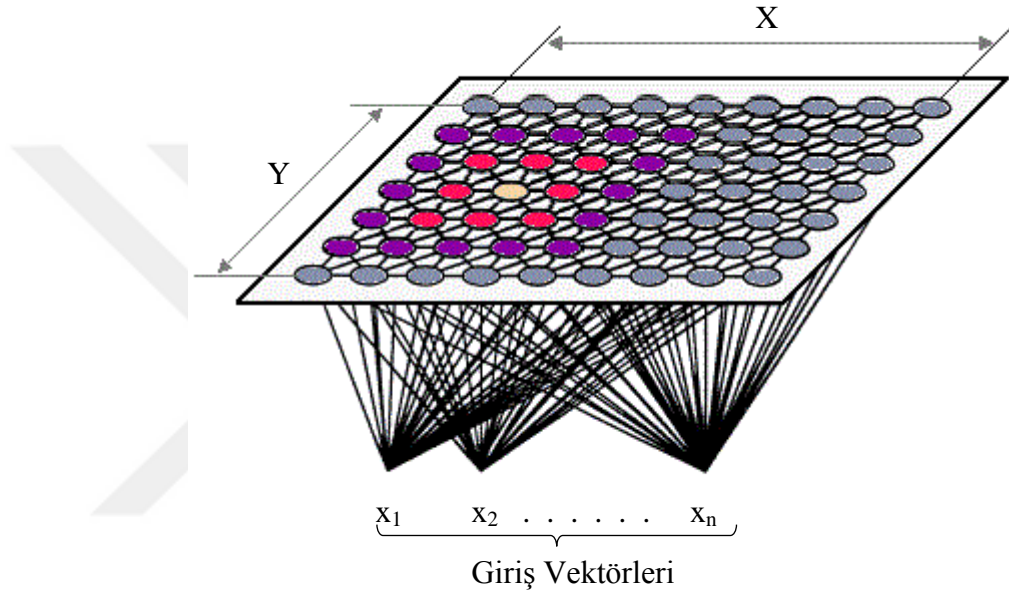
Hopfield yöntemi iki nöron arasındaki ilişkinin güçlenmesi ilkesine göre çalışır.

$$w_{ij}(n + 1) = w_{ij}(n) + \Delta w_{ij}(n + 1) \quad (2.7)$$

Bu ifade Hopfield algoritmasını vermektedir. Hopfield algoritmasında ağın çalışmasında her zaman belli bir hatanın olmaması için tüm giriş vektörlerinin ortogonal olması gerekir. Hopfield algoritması hedef çıkışı dikkate almadan yalnızca iki bölgesel nöronun karşılıklı ilişkisini dikkate alarak yapılan bir öğrenme algoritmasıdır.

Kohonen algoritması, Hopfield algoritmasının geliştirilmiş ve genelleştirilmiş şeklidir. Kohonen ağı bir giriş ve bir çıkış seviyesi olmak üzere iki seviyeden oluşur. Şekil 2.15. bir Kohonen ağını göstermektedir. Çıkış seviyesindeki işlemci vektörler genellikle düzenli iki boyutlu aralıklar olarak düzenlenir. Çıkıştaki her işlemci vektörü, giriş vektörlerine bağlıdır. Bağlantıların ağırlıkları verilen çıkış işlemci vektörleri ile ilgili olan kaynak vektörünün elemanlarını oluşturur. Kohonen ağının öğrenme adımları;

- Çıkış işlemci vektörleri bütün kaynak vektörlerini küçük rasgele değerleri olarak alır.
- Bir giriş seviyesi oluşturulur.
- Kazanan giriş verisine en yakın kaynak vektörüne sahip işlemci vektörü kazanan çıkış vektörü belirlenir.
- Kazanan işlemci elemanın ve onun komşularının kaynak vektörünü güncelleştirilir.



Şekil 2.15. Kohonen ağı

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Metglas 2605SA1 ve 2705X amorf şeritler kullanılmıştır. Şeritler Allied Signal Inc. tarafından üretilmiştir. 2605SA1 amorf şeridin kimyasal bileşeni  $Fe_{81,7}B_{16}Si_2C_{0,3}$ , 2705X amorf şeridin kimyasal bileşeni ise  $Fe_{5,85}Co_{70,15}Mo_4B_{15}Si_5$ 'dir. Bu şeritler ile ilgili değişkenler Çizelge 3.1.'de verilmektedir.

Çizelge 3.1. 2605SA1 ve 2705X Amorf Şeritlerin Özellikleri

Alaşım	Doyum Mıknatısla nması (T)	Doyum Manyetik Gerilmesi (ppm)	Elektriksel Direnci ( $\mu\Omega$ -cm)	Curie Sıcaklı ğı ( $^{\circ}C$ )	Yoğunluğu ( $g/cm^3$ )	Kristalle şme sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )
2605SA1	1,56	27	130	395	7,18	510
2705X	1,00	<0,5	115	530	8,06	

Bu çalışmada Metglas 2605SA1 ve 2705X amorf şeritlerden oluşturulan toroid dönüştürücüye kuvvet uygulanması ile açığa bağlı yerleştirilen algılayıcı bobinlerde indüklenen potansiyeldeki değişimler incelenmiştir. Konum açıları toroid dönüştürücünün yere değme açısı  $0^{\circ}$  olmak üzere  $45^{\circ}$  ve  $90^{\circ}$  olarak seçilmiştir. 2605SA1 amorf şeridinin yüksek manyetik gerilmesi ve 2705X amorf şeridinin sıfıra yakın manyetik gerilmesi olduğundan uygulanan kuvvete göre manyetik akı dağılımındaki duyarlılığın karşılaştırılması amacıyla seçilmişlerdir. Böylece uygulanan kuvvet, konum ve manyetik gerilme arasındaki ilişki daha iyi anlaşılacaktır.

#### 3.1. Amorf Toroid Dönüştürücü

Amorf toroid dönüştürücü Şekil 3.1.'de gösterilmiştir. Dönüştürücüye üstten uygulanan kuvvetle algılayıcı bobinin konumuna bağlı olarak bölgesel akı dağılımının nasıl değiştiği incelenmiştir.

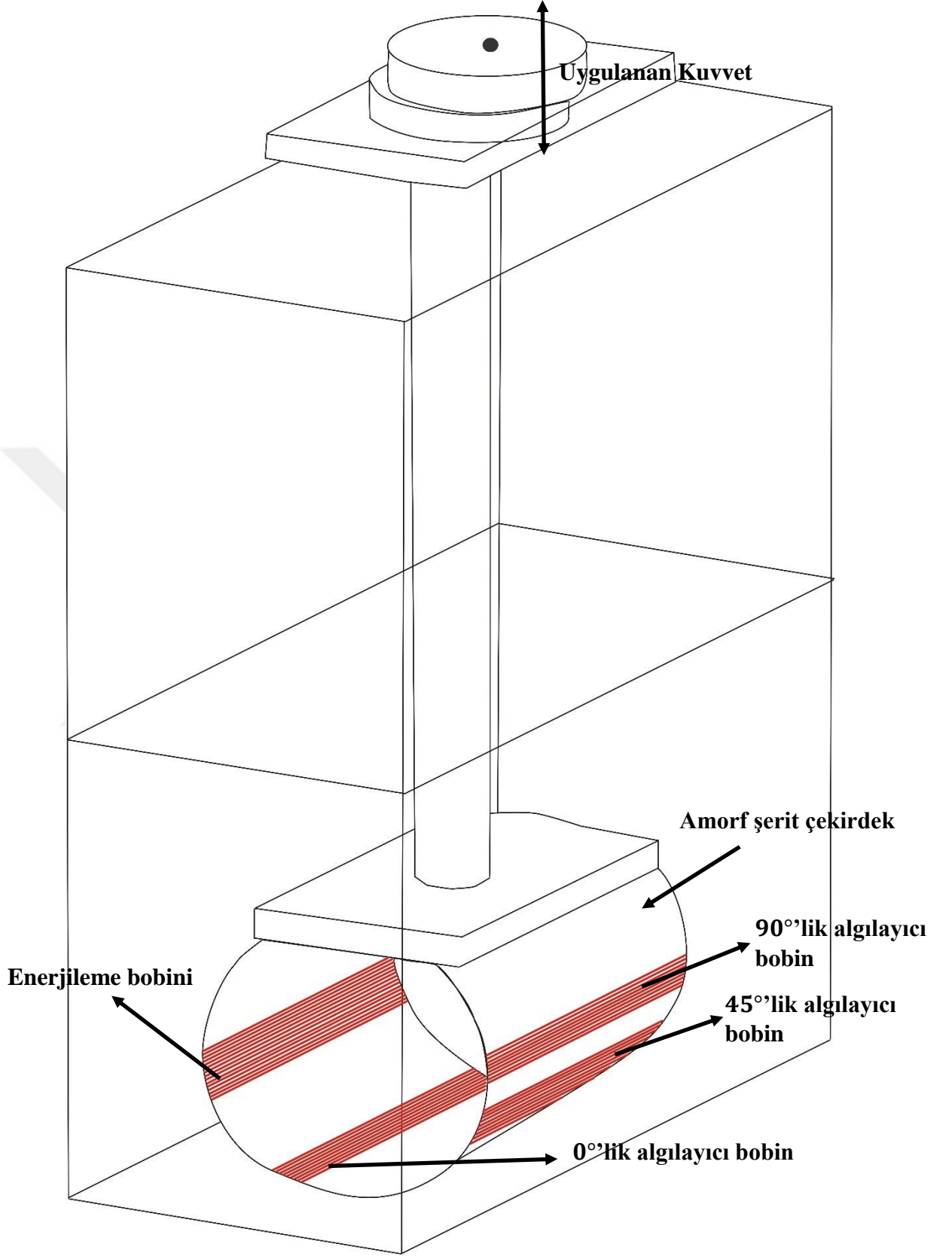
Amorf şeritler 10 kat sarılarak toroid şeklinde dönüştürücüler yapılmıştır. Şeritlerin genişlikleri 2,54 cm'dir. 2605SA1 amorf şeridinin kalınlığı 30  $\mu m$  ve 2705X amorf şeridin kalınlığı 50  $\mu m$ 'dir. Toroidin iç çapı 30 mm olarak belirlenmiştir. Şeridin keskin

kenarlarının bobinin tellerini kesmemesi için yapışkan bir bantla çekirdeğin kenarları kaplanmıştır.

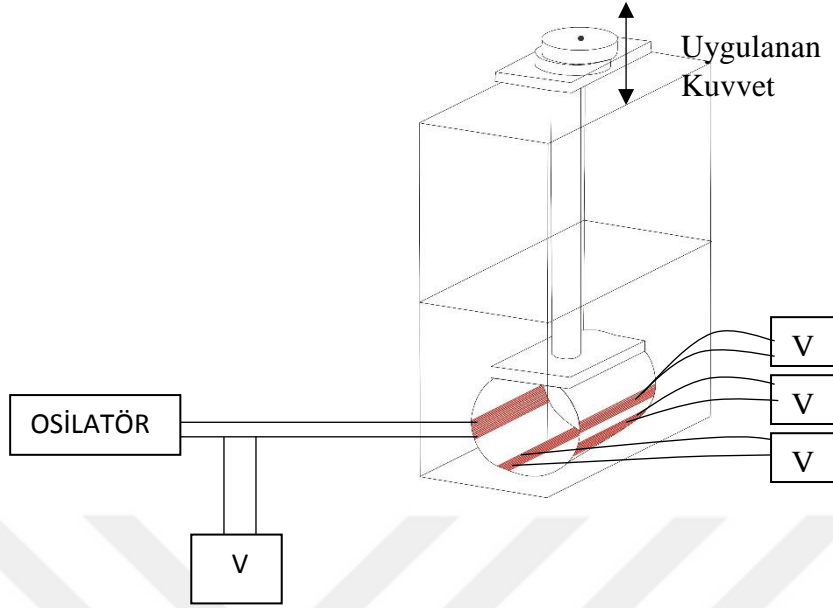
Dönüştürücü üzerine 0,1 mm çapındaki bakır tel ile 100 sarım sarılarak enerjileme bobini yapılmıştır. Değme noktasına göre 0°,45° ve 90°'lik açılarla konumlanmış algılayıcı bobinler 0,1 mm çapındaki bakır tel ile 20 sarım sarılarak elde edilmiştir. Algılayıcı bobinlerden her konum için indüklenen gerilim ölçülmüştür. Enerjileme işlemi, enerjileme bobinin uçlarına Agilent HP33250A dalga üretici bağlanarak 1, 5 ve 10 kHz değerlerinde AC sinyallerle gerçekleştirilmiştir. Bu işlem 50, 100 ve 150 mT manyetik akı yoğunluğu değerleri için ayrı ayrı tekrarlanmıştır. 0°,45° ve 90°'lik konumlardaki algılayıcı bobinlerin uçlarına bağlanan Agilent HP3458A dijital multimetre ile çıkış gerilimi ölçülmüştür.

Şekil 3.1.'deki amorf toroid dönüştürücüye 20 gr aralıklarla 2605SA1 amorf şerit için 0'dan 260 gr'a kadar, 2705X amorf şerit için ise 0'dan 500 gr'a kadar toroid geometrik şekil yatay bir şekil alıncaya kadar kuvvet uygulanmış ve her bir kuvvet aralığı için çıkış gerilimi ölçülmüştür. Bu işlem farklı frekans ve manyetik akı yoğunluğu değeri için tekrarlanmış ve iyi bir istatistik için en az 3 kez tekrarlanmıştır. Dönüştürücü sinüs dalga şeklinde 1, 5 ve 10 kHz frekans değerlerinde Agilent HP33250A dalga üreticiyle mıknatıslanmıştır.

Şekil 3.2.'de yapılan ölçümler sırasında kullanılan devrenin şematik bir gösterimidir. Dalga üreticiyle üretilen sinüs dalgalarıyla enerjileme bobini mıknatıslanmıştır. Bu sırada enerjileme bobininde oluşan gerilim dijital multimetre yardımıyla ölçülmüştür. Aynı zamanda amorf toroid dönüştürücüye uygulanan kuvvetle değme noktasına göre 0°,45° ve 90°'lik açılarla konumlanmış algılayıcı bobinlerde indüklenen gerilimler de dijital multimetre yardımıyla ölçülmüştür.



Şekil 3.1. Amorf Toroid Dönüştürücü



Şekil 3.2. Devre Şeması

Çekirdek içinde dolaşan manyetik akı yoğunluğu zamana bağlı bir sinüs fonksiyonu ise,

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

şeklinde ifade edilir. Herhangi bir  $t = t'$  anında B'nin tepe değeri,

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

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

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

olur. n'nin tek sayı olması durumunda,

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

olmaktadır. Böylece Eşitlik (3.1) ana frekansın yarım periyotlarında negatif ve pozitif en büyük değerleri almaktadır. Ayrıca Faraday yasasına göre,

$$V(t) = -\frac{d\phi}{dt} = -A \frac{dB}{dt} \quad (\phi = B \cdot A) \quad (3.5)$$

olduğundan, Eşitlik (3.1)'in zamana göre türevi,

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

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

$$B_m = \frac{V_{ort}}{4NAf} \quad (3.11)$$

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

$$B_m = \frac{V_{rms}}{4,44NAf} \quad (3.12)$$

olur. Burada  $V_{rms}$ , algılayıcı bobinden indüklenen gerilimin rms değeri ve N ise algılayıcı bobinin 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.

Enerjileme bobinine uygulanan gerilimin tepeden tepeye değeri ( $V_{rms}$ ) her manyetik akı yoğunluğu değeri için sabit tutulmuştur. Farklı manyetik akı yoğunluğu değerlerindeki  $V_{rms}$  değeri Eşitlik (3.12) ile hesaplanmıştır.

Şekil 3.3., 3.4. ve 3.5., 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün sırasıyla 1 kHz, 5 kHz ve 10 kHz frekans değerlerinde 50 mT, 100 mT ve 150 mT değerlerindeki manyetik akı yoğunluğunda çıkış geriliminin uygulanan kuvvetle değişimi gösterilmektedir. Şekil 3.6., 3.7. ve 3.8. ise 2705X amorf toroid dönüştürücünün sırasıyla 1 kHz, 5 kHz ve 10 kHz frekans değerlerinde 50 mT, 100 mT ve 150 mT değerlerindeki manyetik akı yoğunluğunda çıkış geriliminin uygulanan kuvvetle değişimi gösterilmektedir.

Şekil 3.3.'e bakıldığında 1 kHz frekans değerinde manyetik akı yoğunluğunun artışı çıkış geriliminde de doğru orantılı bir şekilde artışa neden olmuştur. İndüklenen gerilim üç manyetik akı yoğunluğu değerlerinde de algılayıcı bobinin konumu  $45^\circ$ 'de iken en küçük olmuştur. 50 mT değerinde  $45^\circ$ 'de 16 mV ile başlayan indüklenen gerilim 40 gr ve 190 gr kuvvet uygulandığında yaklaşık 13 mV mertebesine kadar düşmüştür. Uygulanan kuvvet 80 ile 120 gr aralığında iken çıkış gerilimi 19 mV değerine kadar çıkmaktadır. Konum  $45^\circ$ 'de iken 100 mT değerinde ise çıkış gerilimi en büyük değerine (42 mV) 100 gr kuvvet uygulandığında, en küçük değerine (24 mV) ise 40 gr kuvvet uygulandığında ulaşmıştır. 150 mT değerine bakıldığında ise çıkış gerilimi en büyük değerine (68 mV) 100 gr kuvvet uygulandığında, en küçük değerine (41 mV) 40 gr kuvvet uygulandığında ulaşmıştır. 1 kHz frekans değerinde algılayıcı bobinde çıkış geriliminin en fazla olduğu konum  $90^\circ$ 'lik konumdur. 50 mT değerinde 80 gr ile 120 gr arasında kuvvet uygulandığında çıkış geriliminin en büyük değeri yaklaşık 22 mV, 100 mT değerinde 20 gr ve 100 gr kuvvet uygulandığında çıkış geriliminin en büyük değeri yaklaşık 48 mV, 150 mT değerinde 100 gr kuvvet uygulandığında çıkış geriliminin en büyük değeri yaklaşık 76 mV olmaktadır. İndüklenen gerilimdeki en büyük azalma, akı



yoğunluğu değerlerinin hepsine bakıldığında 50 mT değerinde, frekans 1 kHz ve konum açısı ise 45° iken %33 seviyelerindedir.

Şekil 3.4.'e bakıldığında 5 kHz frekans değerinde manyetik akı yoğunluğunun artışı çıkış geriliminde de doğru orantılı bir şekilde artışa neden olmuştur. İndüklenen gerilim üç manyetik akı yoğunluğu değerlerinde de algılayıcı bobinin konumu 45°'de iken en küçük olmuştur. 50 mT değerinde 45°'de 97 mV ile başlayan indüklenen gerilim 260 gr kuvvet uygulandığında yaklaşık 65 mV mertebesine kadar düşmüştür. 80 gr kuvvet uygulandığında ise çıkış gerilimi 117 mV değerine kadar çıkmaktadır. Konum 45°'de iken 100 mT değerinde ise çıkış gerilimi en büyük değerine (220 mV) 80 gr kuvvet uygulandığında, en küçük değerine (160 mV) ise 240 gr kuvvet uygulandığında ulaşmıştır. 150 mT değerine bakıldığında ise çıkış gerilimi en büyük değerine (363 mV) 40 gr kuvvet uygulandığında, en küçük değerine (285 mV) 220 gr kuvvet uygulandığında ulaşmıştır. 5 kHz frekans değerinde algılayıcı bobinde çıkış geriliminin en fazla olduğu konum 90°'lik konumdur. 50 mT değerinde 20 gr kuvvet uygulandığında çıkış geriliminin en büyük değeri yaklaşık 124 mV, 100 mT değerinde 80 gr kuvvet uygulandığında çıkış geriliminin en büyük değeri yaklaşık 250 mV, 150 mT değerinde 20 gr kuvvet uygulandığında çıkış geriliminin en büyük değeri yaklaşık 396 mV olmaktadır.

Şekil 3.5.'e bakıldığında 10 kHz frekans değerinde manyetik akı yoğunluğunun artışı çıkış geriliminde de doğru orantılı bir şekilde artışa neden olmuştur. İndüklenen gerilim üç manyetik akı yoğunluğu değerlerinde de algılayıcı bobinin konumu 45°'de iken en küçük olmuştur. 50 mT değerinde 45°'de 60 gr kuvvete kadar kuvvet uygulandıkça çıkış gerilimde artış olmuş, 60 gr'da ise bir düşüş yaşanmıştır. 80 gr ile 100 gr arasında 45°'de çıkış gerilimi yaklaşık 190 mV ile en büyük değerine ulaşmıştır. Konum 45°'de iken 100 mT değerinde ise çıkış gerilimi en büyük değerine (384 mV) 100 gr kuvvet uygulandığında, en küçük değerine (180 mV) ise 180 gr kuvvet uygulandığında ulaşmıştır. 150 mT değerine bakıldığında ise çıkış gerilimi en büyük değerine (536 mV) 140 gr kuvvet uygulandığında, en küçük değerine (134 mV) 40 gr kuvvet uygulandığında ulaşmıştır. 10 kHz frekans değerinde algılayıcı bobinde çıkış geriliminin en fazla olduğu konum 90°'lik konumdur. 50 mT değerinde 80 gr kuvvet uygulandığında çıkış geriliminin en büyük değeri yaklaşık 217 mV, 100 mT değerinde 100 gr kuvvet uygulandığında çıkış geriliminin en büyük değeri yaklaşık 451 mV, 150

mT değerinde 160 gr kuvvet uygulandığında çıkış geriliminin en büyük değeri yaklaşık 676 mV olmaktadır.

şekil 3.6.'ya bakıldığında frekans 1 kHz iken indüklenen gerilim değerleri konum açısı 0° iken en büyük, 90° iken en küçük olmuştur. Bu şekilde olmasının nedeni 2705X amorf şeridin manyetik gerilmesinin sıfıra yakın olmasıdır. Bundan dolayı amorf şeritte oluşan gerilmeler indüklenen gerilimi etkilememektedir. Konum 0° ve manyetik akı yoğunluğu 50 mT iken en büyük indüklenen gerilim 500 gr kuvvet uygulandığında yaklaşık 49 mV, en küçük indüklenen gerilim ise başlangıç durumunda yani henüz kuvvet uygulanmadığı durumda yaklaşık 41 mV'tur. Konum 90°'de iken yaklaşık 34 mV ile kuvvet uygulanmaya başlanmış yaklaşık 40 mV değerine kadar yükselmiştir. Manyetik akı yoğunluğu 100 mT olduğunda çıkış geriliminin en büyük değeri konum 0° ve uygulanan kuvvet 500 gr olduğunda yaklaşık 103 mV'tur. ıkış geriliminin en küçük değeri ise konum 90° ve uygulanan kuvvet 120 gr olduğunda yaklaşık 82 mV'tur. 150 mT değerine bakıldığında ise en büyük gerilim yine 0° ve en küçük gerilim ise 90°'de olmuştur. Oluşan en büyük gerilim yaklaşık 160 mV, en küçük gerilim ise yaklaşık 32 mV'tur.

şekil 3.7.'ye bakıldığında frekans 5 kHz iken indüklenen gerilim değerleri konum açısı 0° iken en büyük, 90° iken en küçük olmuştur. Konum 0° ve manyetik akı yoğunluğu 50 mT iken indüklenen gerilimin en büyük değeri 500 gr kuvvet uygulandığında yaklaşık 250 mV, indüklenen gerilimin en küçük değeri ise başlangıç durumunda yani henüz kuvvet uygulanmadığı durumda yaklaşık 230 mV'tur. Konum 90°'de iken yaklaşık 187 mV ile kuvvet uygulanmaya başlanmış yaklaşık 198 mV değerine kadar yükselmiştir. Manyetik akı yoğunluğu 100 mT olduğunda çıkış geriliminin en büyük değeri konum 0° ve uygulanan kuvvet 500 gr olduğunda yaklaşık 594 mV'tur. En küçük çıkış gerilimi ise konum 90° ve uygulanan kuvvet 140 gr olduğunda yaklaşık 498 mV'tur. 150 mT değerine bakıldığında ise en büyük gerilim yine 0° ve en küçük gerilim ise 90°'de olmuştur. Oluşan en büyük gerilim yaklaşık 905 mV, en küçük gerilim ise yaklaşık 770 mV'tur.

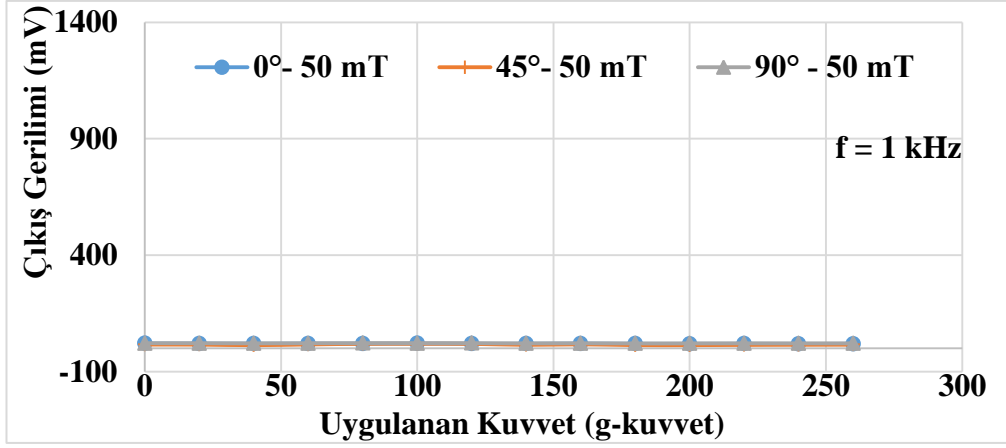
şekil 3.8'e bakıldığında en büyük gerilim 0°, en küçük gerilim ise 90°'de oluşmaktadır. 50 mT değerinde en büyük gerilim yaklaşık 545 mV iken en küçük gerilim yaklaşık 420

mV'tur. 100 mT değerinde ise en büyük gerilim yaklaşık 1180 mV iken en kk gerilim yaklaşık 1000 mV'tur.

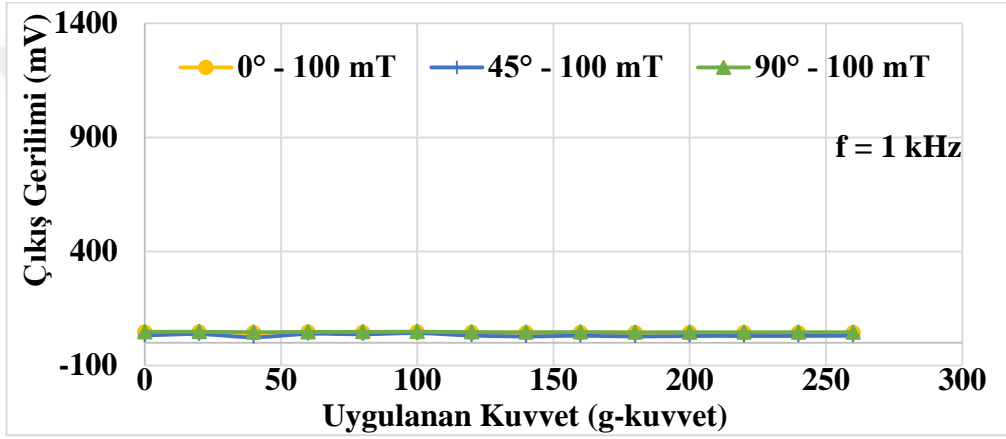
Tüm şekillerde bilimsel bir karşılaştırma yapılabilmesi amacı ile aynı skala değerleri kullanılmış, böylece indüklenen çıkış geriliminin, uygulanan kuvvet, indüksiyon frekansı ve manyetik akı yoğunluğu ile değişiminin karşılaştırılması daha kolay ve doğru yapılmıştır.

2705X amorf şeritte indüklenen gerilimdeki en büyük artış algılayıcı bobinin konumu değme noktasında yani 0°'de iken manyetik akı yoğunluğu 50 mT ve frekans 1 kHz iken %17 seviyelerindedir.

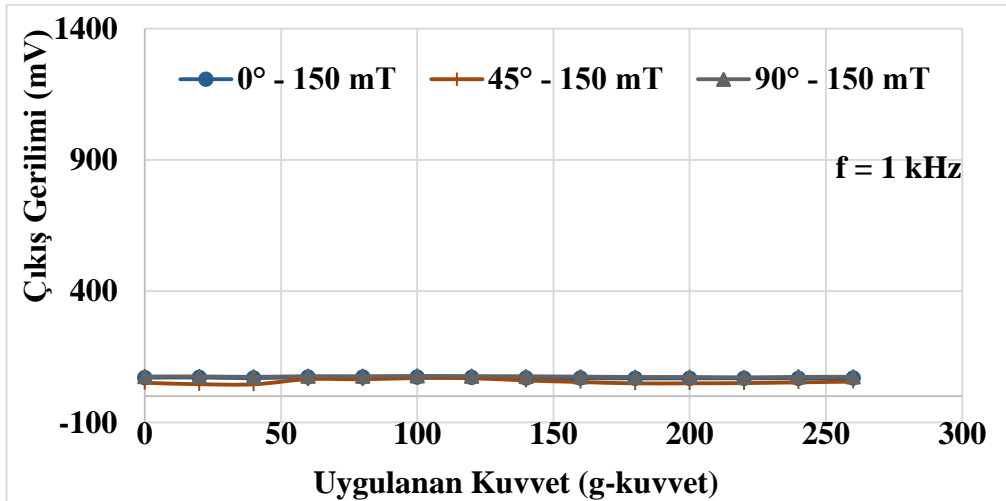
2705X amorf şeridin manyetik gerilmesi sifıra çok yakın olmasından dolayı kuvvet uygulandıķa madde içinde domainlerde bir değişim olmamakta ve buna bağlı olarak bu bölgelerde bulunan algılayıcı bobinlerde Faraday yasasına bağlı olarak zamana bağlı bir değişim olmadığından indüklenen gerilim belirgin bir şekilde değişmemektedir. Bu sebepten 2705X gibi manyetik gerilmesi sifır veya sifıra yakın amorf şeritler uygulanan kuvvete yeterince duyarlı değildirler.



(a)

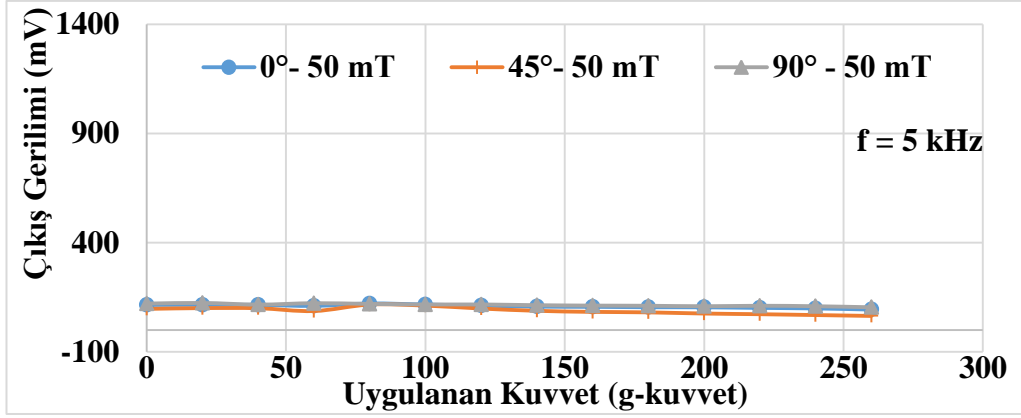


(b)

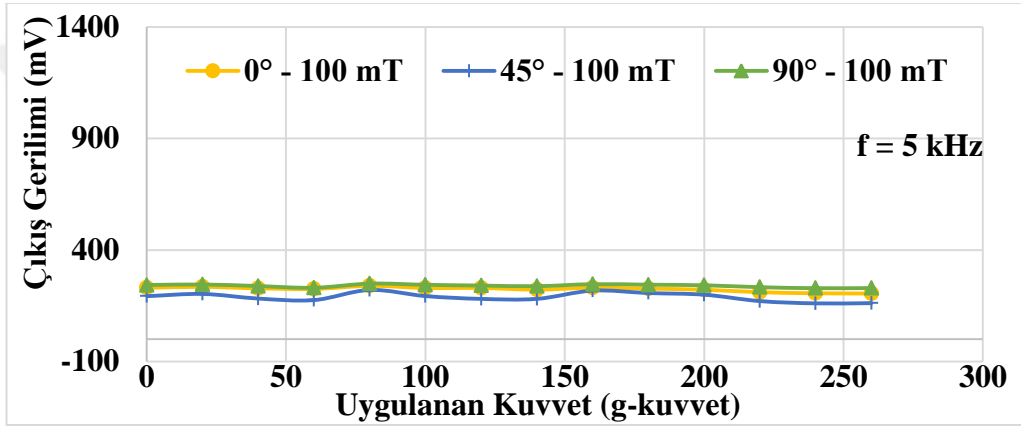


(c)

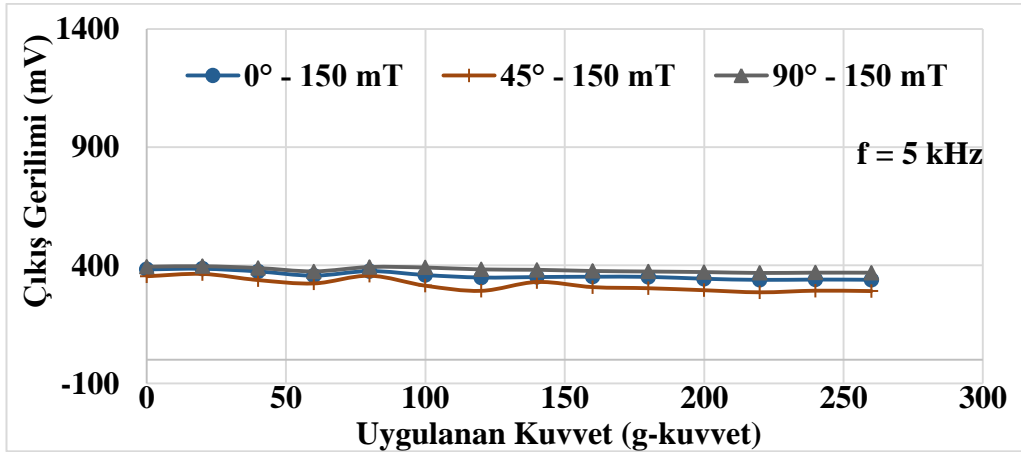
Şekil 3.3. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücüde 1 kHz frekansta indüklenen çıkış geriliminin uygulanan kuvvetle (a) 50 mT (b) 100 mT (c) 150 mT manyetik akı yoğunluğu değerlerinde değişimi.



(a)

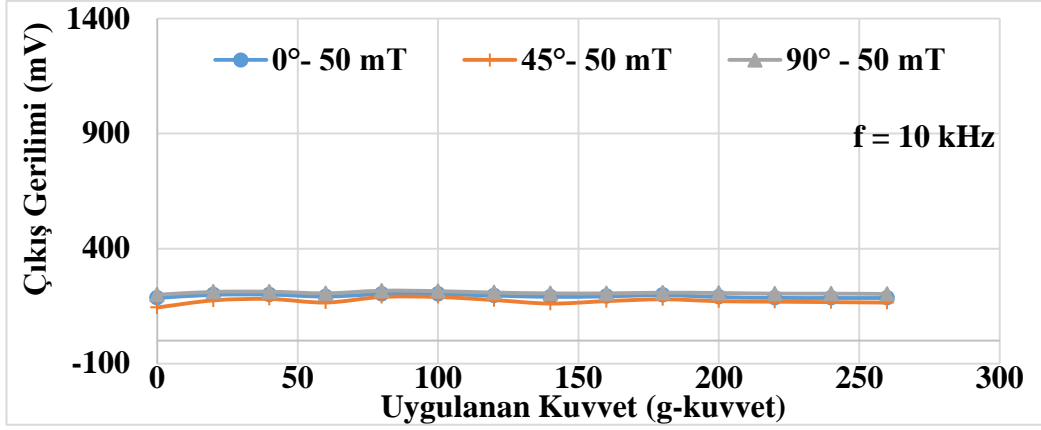


(b)

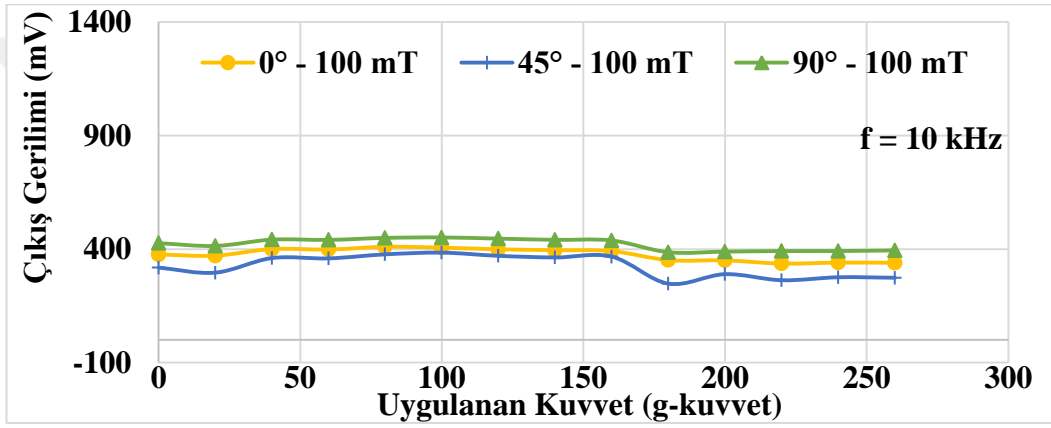


(c)

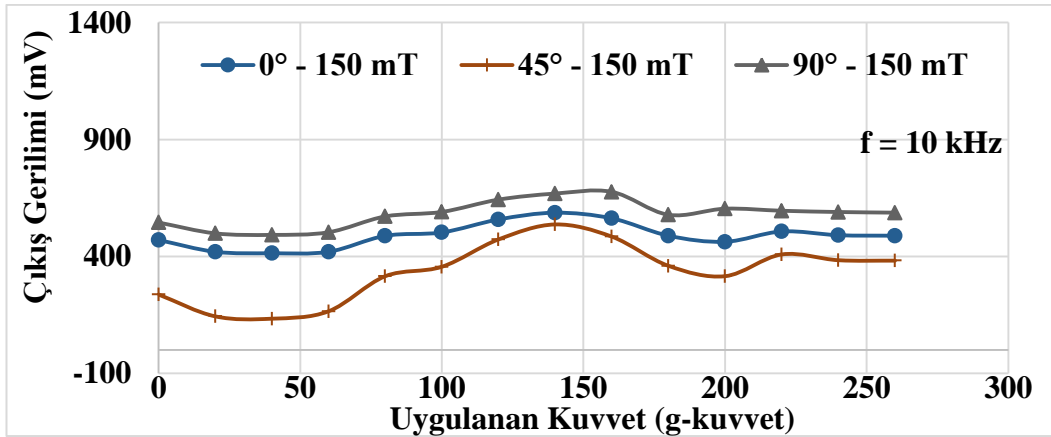
Şekil 3.4. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücüde 5 kHz frekansta indüklenen çıkış geriliminin uygulanan kuvvetle (a) 50 mT (b) 100 mT (c) 150 mT manyetik akı yoğunluğu değerlerinde değişimi.



(a)

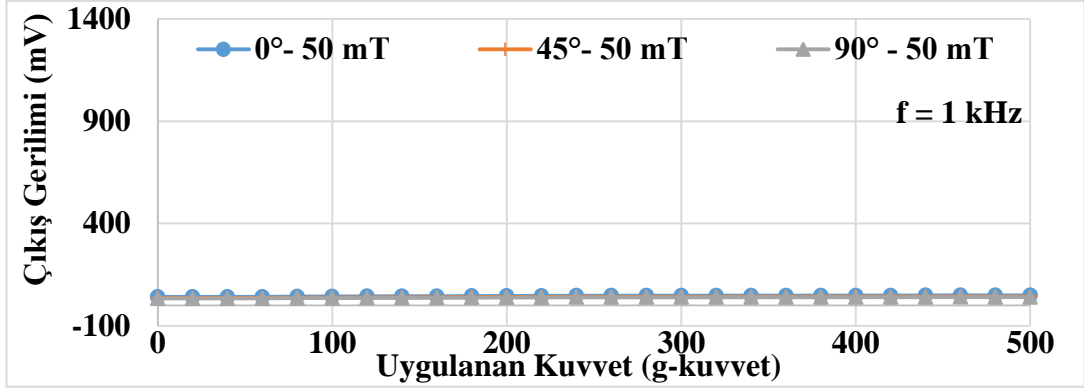


(b)

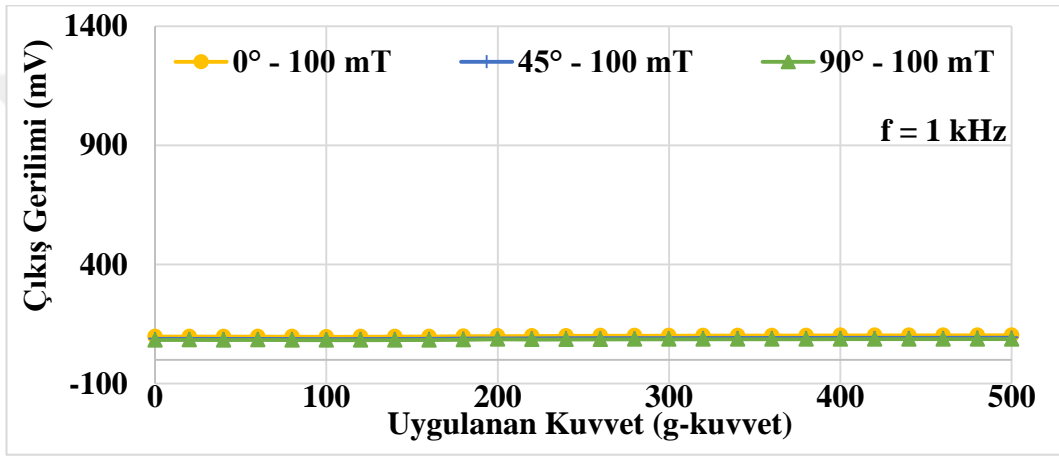


(c)

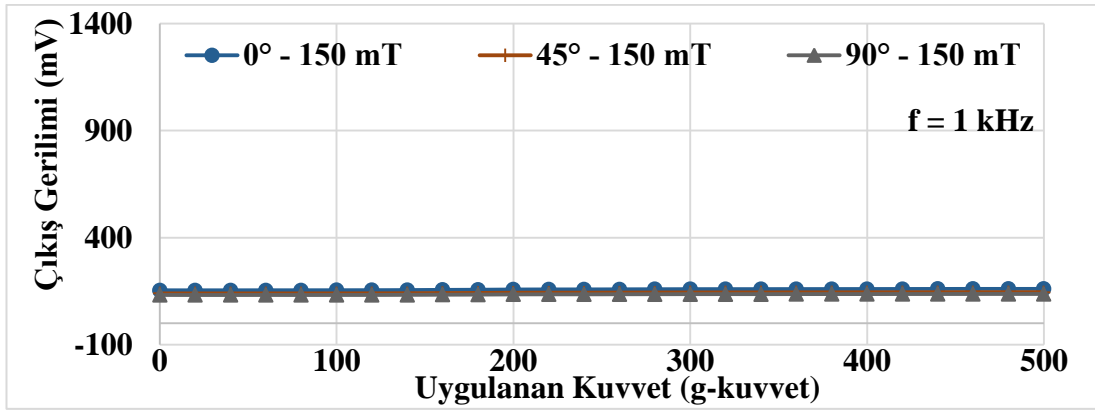
Şekil 3.5. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücüde 10 kHz frekansta indüklenen çıkış geriliminin uygulanan kuvvetle (a) 50 mT (b) 100 mT (c) 150 mT manyetik akı yoğunluğu değerlerinde değişimi.



(a)

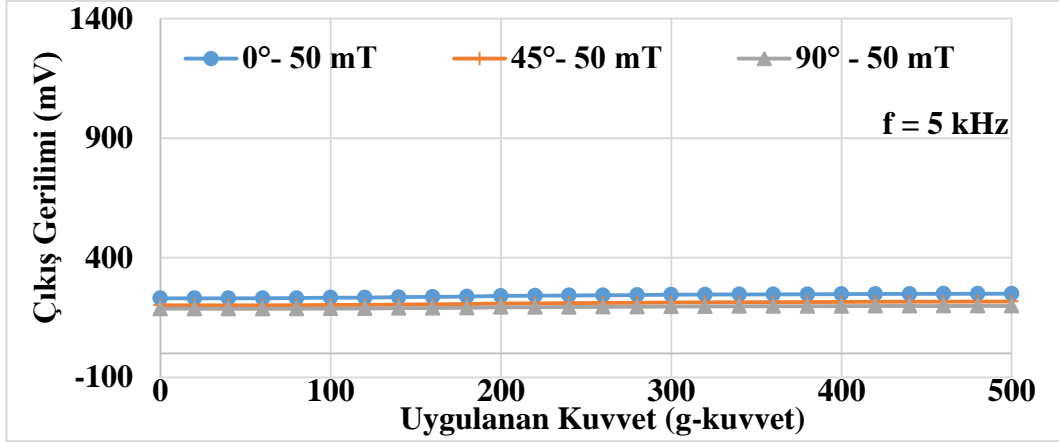


(b)

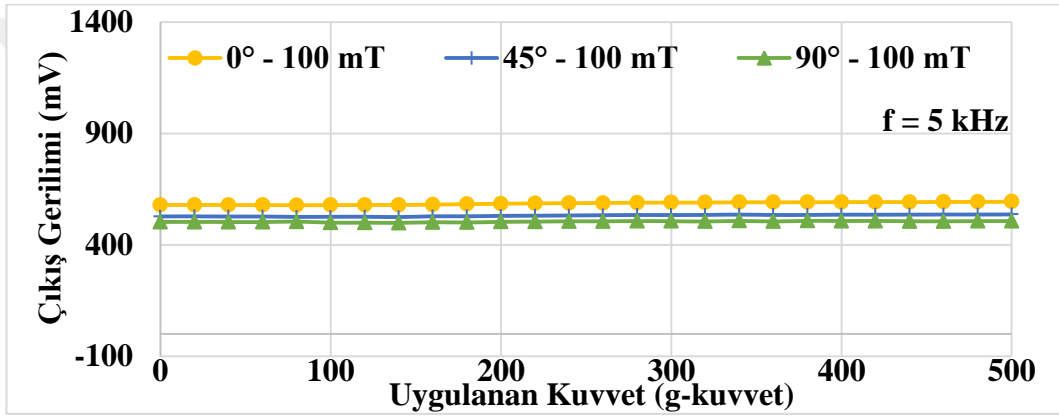


(c)

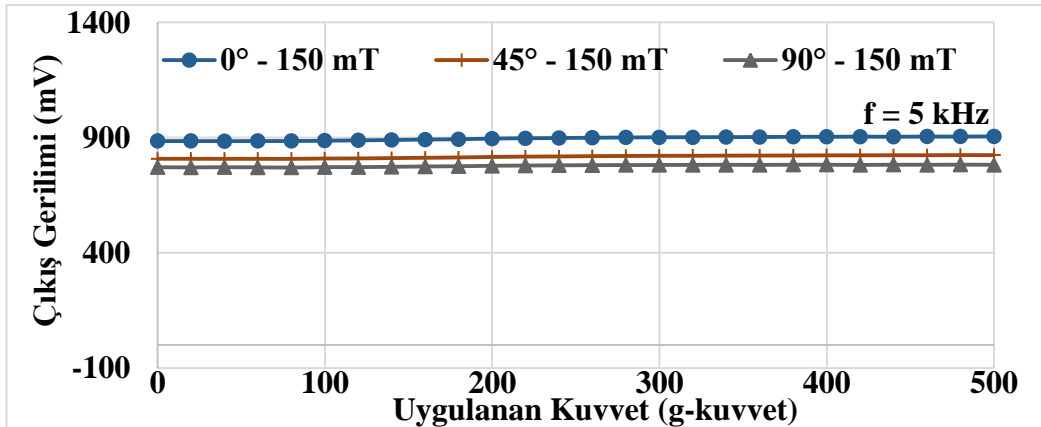
Şekil 3.6. 2705X amorf toroid dönüştürücüde 1 kHz frekansta indüklenen çıkış geriliminin uygulanan kuvvetle (a) 50 mT (b) 100 mT (c) 150 mT manyetik akı yoğunluğu değerlerinde değişimi.



(a)



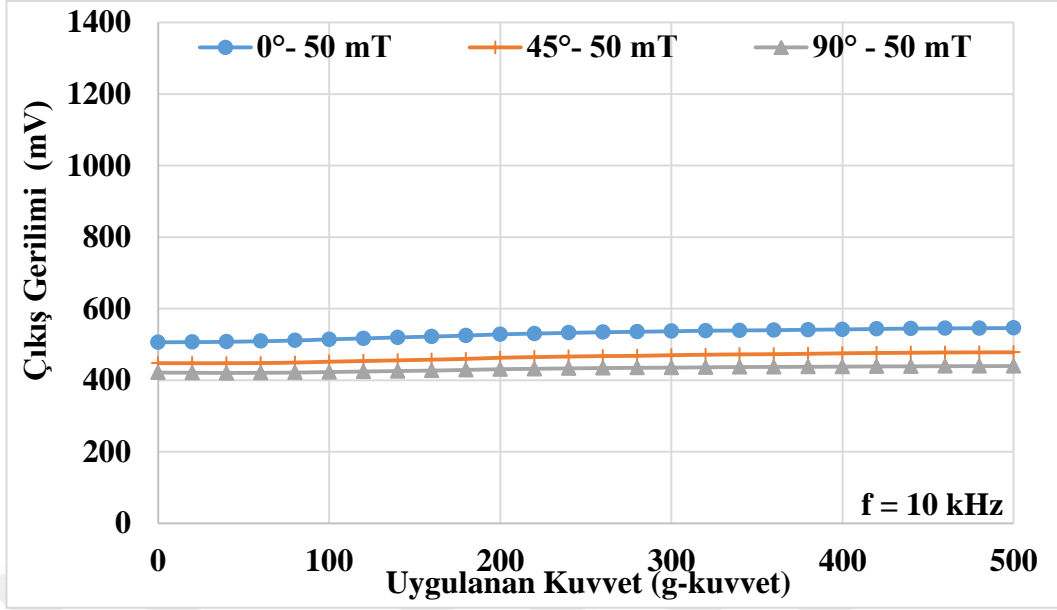
(b)



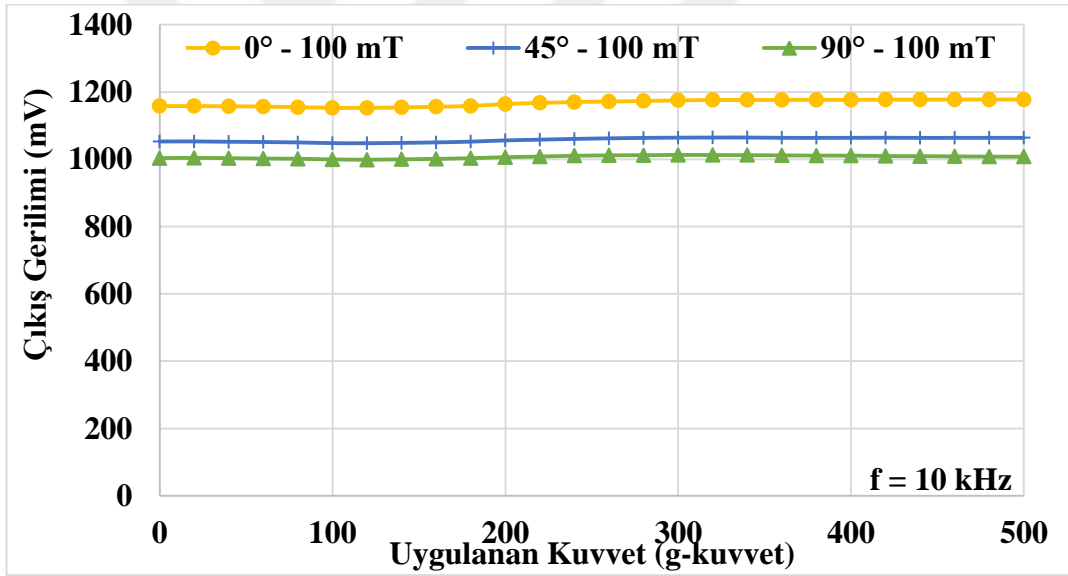
(c)

Şekil 3.7. 2705X amorf toroid dönüştürücüde 5 kHz frekansta indüklenen çıkış geriliminin uygulanan kuvvetle (a) 50 mT (b) 100 mT (c) 150 mT manyetik akı yoğunluğu değerlerinde değişimi.





(a)

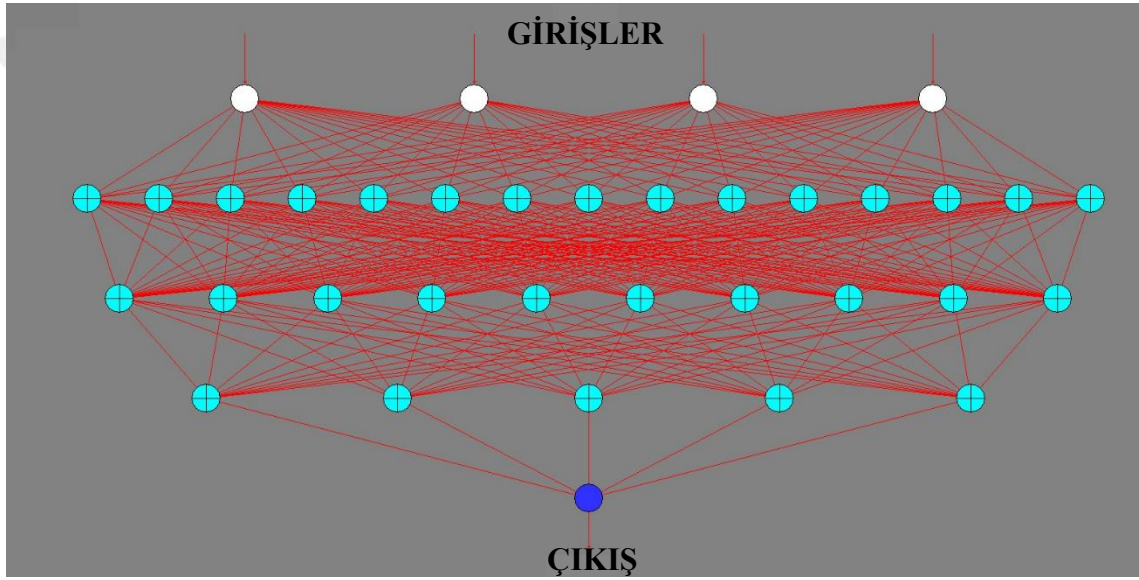


(b)

Şekil 3.8. 2705X amorf toroid dönüştürücüde 10 kHz frekansta indüklenen çıkış geriliminin uygulanan kuvvetle (a) 50 mT (b) 100 mT manyetik akı yoğunluğu değerlerinde değişimi.

### 3.2. Yapay Sinir Ağları ile Tahmin

Yapay sinir ağları ile öğrenme aşamasında 4 adet giriş ve 1 adet çıkış verisi kullanılmıştır. Bölgesel manyetik akı yoğunluğu (B), frekans (f), kuvvet (F) ve açılı giriş verisi olarak kullanılırken çıkış gerilimi (V) çıkış verisi olarak belirlenmiştir. 2605SA1 ve 2705X amorf toroid dönüştürücülerin her ikisi için de ayrı ayrı çıkış gerilimi tahmini yapılmıştır. Elde edilen yapay sinir ağı modeli ile deneysel ölçü alınmamış değerler için de indüklenen bölgesel çıkış gerilimi değerleri hakkında belirlenen sınırlar içinde tahmin yapabilmek için geliştirilmiştir. Şekil 3.9.'da 2605SA1 ve 2705X için geliştirilen yapay sinir ağı modeli gösterilmiştir.



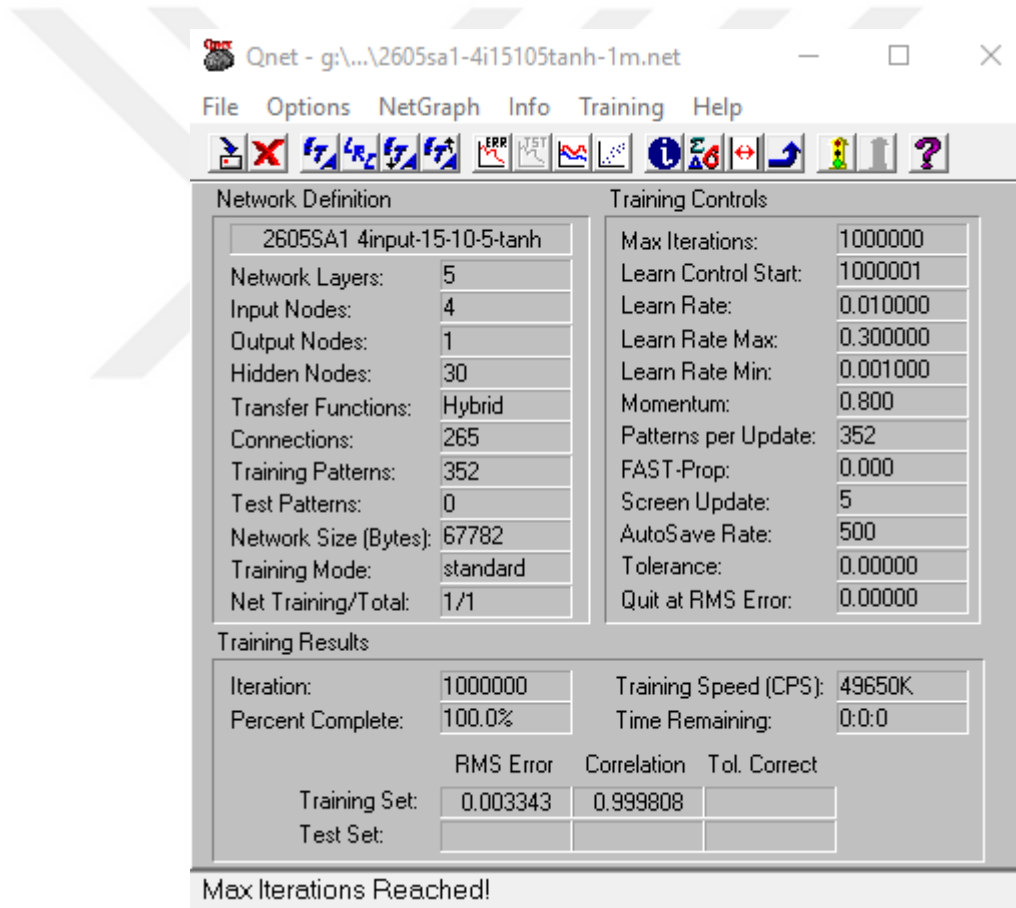
Şekil 3.9. 2605SA1 ve 2705X amorf toroid dönüştürücüde çıkış gerilimi için geliştirilen yapay sinir ağı modeli

Çıkış gerilimi için yapılan modellemede 2605SA1 için 352, 2705X için 599 giriş verisi yapay sinir ağı modelinin öğrenmesi için kullanılmıştır. Gizli seviyelerin ve içerdiği nöronların sayısı deneme ve yanılma yöntemi ile tanjant hiperbolik ve sigmoid aktarım fonksiyonları kullanılarak belirlenmiştir. Bu aktarım fonksiyonları;

$$\tanh x = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

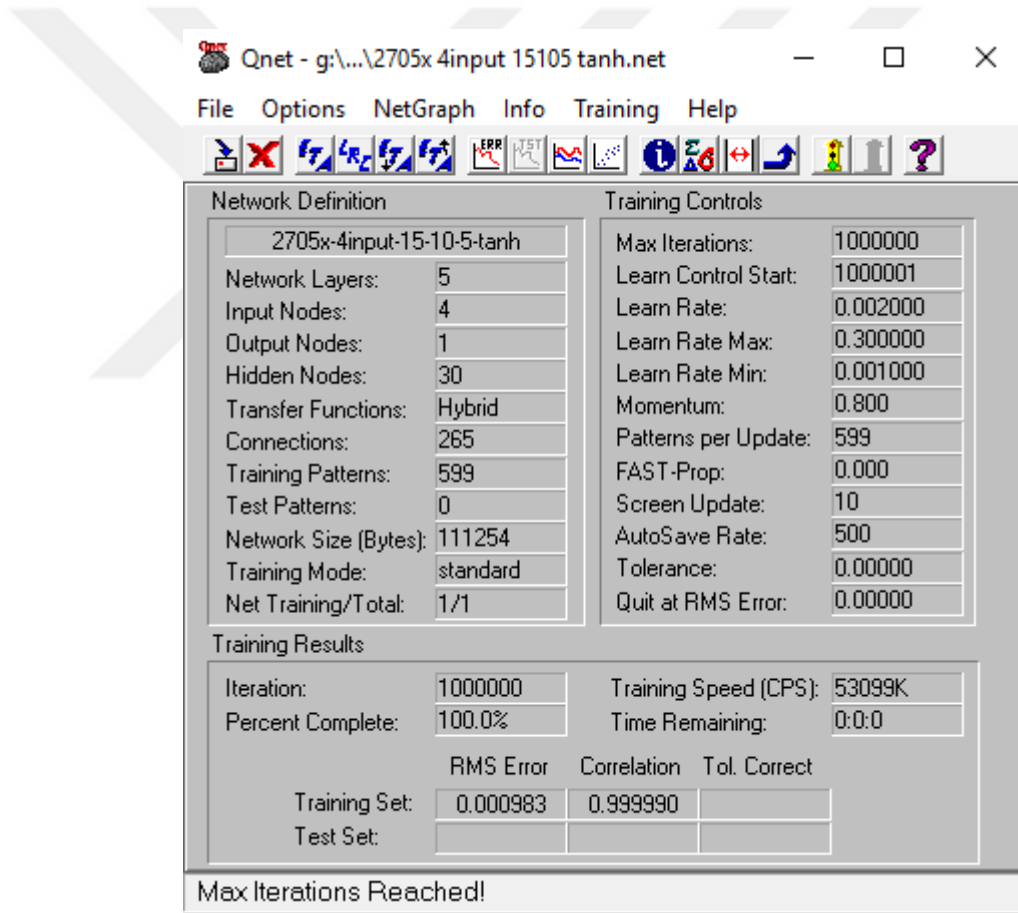
$$\text{sigmoid} = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Şekil 3.10.'da 2605SA1 amorf dönüştürücünün 352 giriş verisi ile öğrenmesi tamamlanan geri beslemeli yapay sinir ağı modelinin özellikleri gösterilmektedir. Devre 4 giriş, 1 çıkış nöronu ile 3 gizli seviyede 30 nöron içermektedir. Nöronlar arasında tam bağlantı gerçekleştirilerek 265 bağlantı oluşturulmuştur. Çıkış gerilimi tahmini için giriş verileri ve model değişkenleri ile model tam bir öğrenme sağlamış ve ortalama düzeltme katsayısı %100 olurken en büyük hata %0,3343 olmuştur. Deneysel ve tahmin verileri arasındaki uyum ise %99,9808'dir. Bu sonuçlar 1 milyon iterasyon sonucunda elde edilmiştir. Çıkış gerilimi için geliştirilen yapay sinir ağı modelinin giriş verileri ile çıkış verilerinin uyumu Şekil 3.12.'de gösterilmektedir.

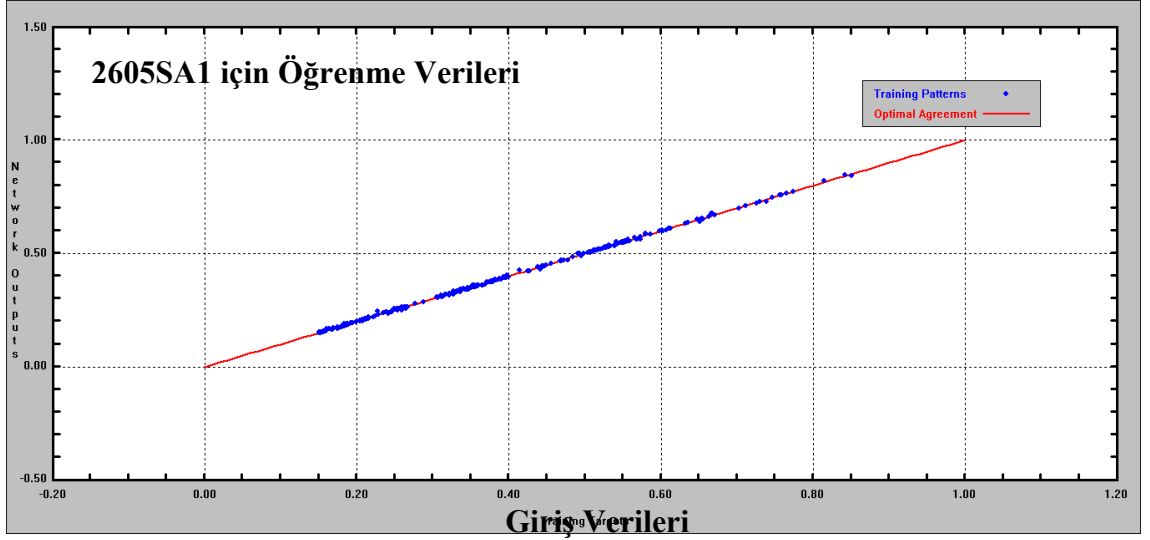


Şekil 3.10. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinin öğrenme sonuçlarını gösteren ekran

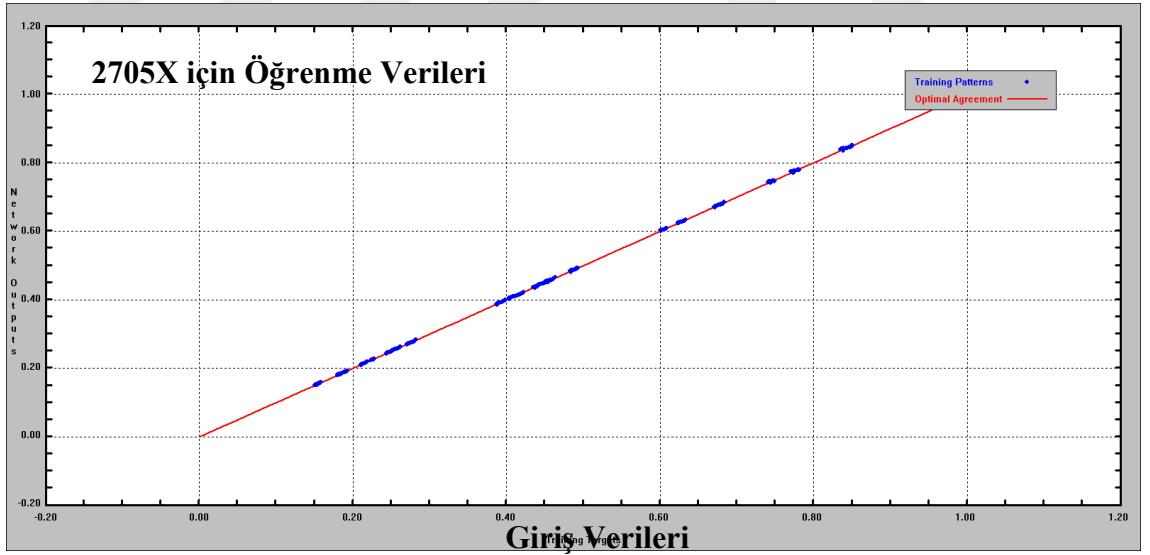
Şekil 3.11.'de 2705X amorf dönüştürücünün 599 giriş verisi ile öğrenmesi tamamlanan geri beslemeli yapay sinir ağı modelinin özellikleri gösterilmektedir. Devre 4 giriş, 1 çıkış nöronu ile 3 gizli seviyede 30 nöron içermektedir. Nöronlar arasında tam bağlantı gerçekleştirilerek 265 bağlantı oluşturulmuştur. Çıkış gerilimi tahmini için giriş verileri ve model değişkenleri ile model tam bir öğrenme sağlamış ve ortalama düzeltme katsayısı %100 olurken en büyük hata %0,0983 olmuştur. Deneysel ve tahmin verileri arasındaki uyum ise %99,9990'dır. Bu sonuçlar 1 milyon iterasyon sonucunda elde edilmiştir. Çıkış gerilimi için geliştirilen yapay sinir ağı modelinin giriş verileri ile çıkış verilerinin uyumu Şekil 3.13.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.11. 2705X amorf toroid dönüştürücünün çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinin öğrenme sonuçlarını gösteren ekran



Şekil 3.12. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinde deneysel giriş verileri ile öğrenme sonucunda elde edilen çıkış verilerinin uyumu.



Şekil 3.13. 2705X amorf toroid dönüştürücünün çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinde deneysel giriş verileri ile öğrenme sonucunda elde edilen çıkış verilerinin uyumu.

Geliştirilen yapay sinir ağı modelinin kabul edilebilir öğrenme yeteneği ve tahmin kapasitesi sonucunda giriş verilerinin, tahmin edilen değer olan çıkış gerilimi ile değişimi incelenmiştir. Şekil (3.14.) 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün manyetik akı yoğunluğunun frekansla değişiminin çıkış gerilimini nasıl etkilediğini göstermektedir. Frekansın ve manyetik akı yoğunluğunun artması en büyük çıkış gerilimini vermektedir. Benzer şekilde frekansın ve manyetik akı yoğunluğunun azalması en düşük çıkış gerilimini vermektedir. Frekansın ve manyetik akı yoğunluğunun indüklenen gerilime olumsuz etkisi vardır. 100-150 mT manyetik akı yoğunluğu ve 8-10 kHz frekans aralığında çıkış gerilimi en büyük değerine ulaşmıştır. 2705X amorf toroid dönüştürücüde de frekansın ve manyetik akı yoğunluğunun artması çıkış gerilimini arttırmaktadır (Şekil 3.15). 150 mT ve 10 kHz değerinde çıkış gerilimi en büyük değerine ulaşmaktadır.

Şekil 3.16.'da 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün manyetik akı yoğunluğunun (B) uygulanan kuvvet (F) ile değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi görülmektedir. Uygulanan kuvvetin artışının düşük manyetik akı yoğunluğu değerlerinde çok fazla etkisinin olmadığı gözükmektedir. Fakat manyetik akı yoğunluğunun artışıyla birlikte uygulanan kuvvetin de artması çıkış geriliminde doğru orantılı bir şekilde artışa neden olmaktadır. Uygulanan kuvvet 0-100 gr aralığında ve manyetik akı yoğunluğu 150 mT olduğunda çıkış gerilimi en büyük değerine ulaşmaktadır. 2705X amorf toroid dönüştürücüde de manyetik akı yoğunluğunun artışı net bir şekilde çıkış gerilimini artırmakta olduğu gözükmektedir (Şekil 3.17). Şekil incelendiğinde kuvvetin etkisinin olmadığı, çıkış gerilimini artıranın manyetik akı yoğunluğu olduğu gözükmektedir. Bunun sebebi ise 2705X amorf şeridin manyetik gerilmesinin sifıra yakın olmasından dolayı kuvvetten etkilenmemesidir.

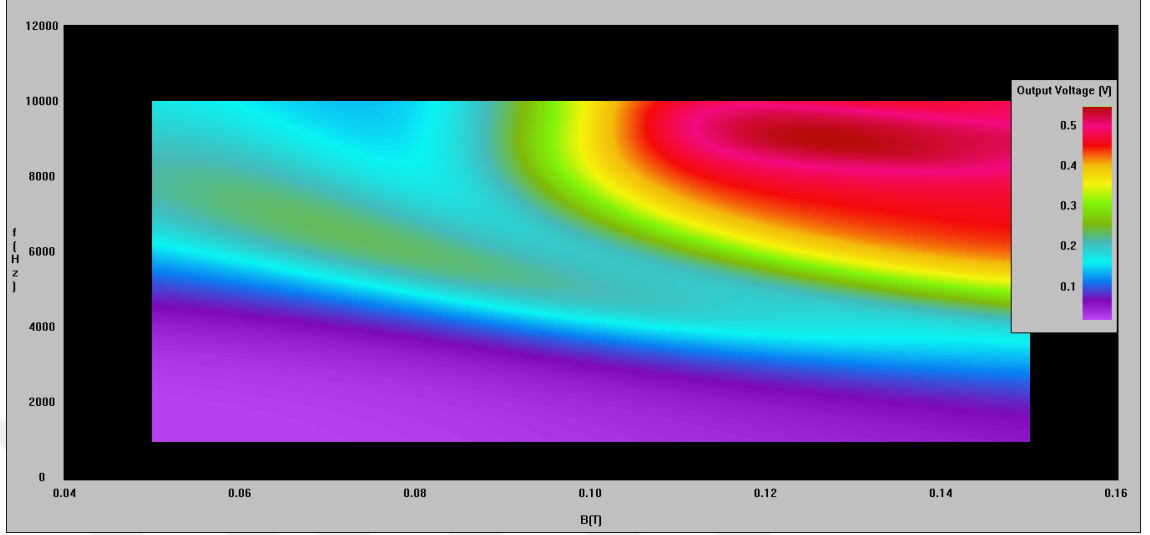
Şekil 3.18.'de 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün manyetik akı yoğunluğunun (B) açığa bağlı değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi görülmektedir. 0°, 45° ve 90°'lik konumlardaki algılayıcı bobinler karşılaştırıldığında artan manyetik akı yoğunluğuyla birlikte her açı değerinde çıkış geriliminde artış olduğu gözükmektedir. Özellikle 0° ve 90°'lik açılarda diğerlerine kıyasla çıkış geriliminde daha büyük artış olduğu, bu artışın manyetik akı yoğunluğunun 150 mT olduğu değerinde en büyük değerini aldığı görülmektedir. 2705X amorf toroid dönüştürücü ile kıyaslandığında ise açı değeri

küçüldükçe çıkış geriliminde artış olduğu ve  $0^\circ$ 'de en üst değerine ulaştığı görülmektedir (Şekil 3.19).

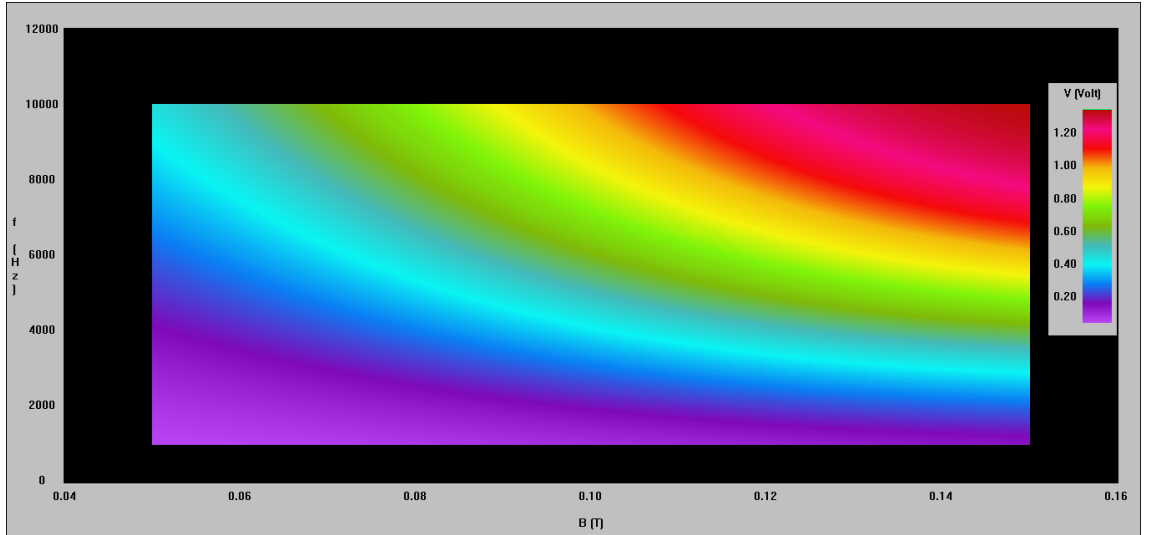
Şekil 3.20, 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün frekansının (f) kuvvet (F) ile değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisini göstermektedir. Düşük frekans değerlerinde uygulanan kuvvetin az ya da çok olması çıkış gerilimini etkilemediği fakat artan frekans değeriyle birlikte uygulanan kuvvetin de artışı çıkış gerilimini artırdığı gözlemlenmektedir. Uygulanan kuvvetin 100 gr olduğu ve frekansın da 8 kHz olduğu durumda çıkış gerilim en büyük değerine ulaşmaktadır. 2705X amorf toroid dönüştürücüye bakıldığında ise frekansın artışı doğru orantılı bir şekilde çıkış gerilimini de artırdığı görülmektedir (Şekil 3.21). 2705X amorf şeridin manyetik gerilmesinin sıfıra yakın olmasından dolayı kuvvetten etkilenmediği, frekansın artışının çıkış gerilimini artırdığı gözlemlenmektedir.

Şekil 3.22, 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün frekansının (f) açığa bağlı değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisini göstermektedir. Frekansın artışıyla birlikte açı değerinde de artış olması indüklenen gerilim de artış olmasına neden olduğu gözükmektedir. Özellikle  $90^\circ$ 'de çıkış gerilimi en üst değerine ulaşmaktadır.  $45^\circ$ 'de ise en küçük değerine ulaştığı gözlemlenmektedir. Konum  $90^\circ$ , frekans değeri 9 kHz olduğunda çıkış gerilimi en üst değerine ulaşmıştır. 2705X amorf toroid dönüştürücü de durum tam tersidir. Frekans artışıyla birlikte açının küçülmesi çıkış gerilimini en büyük değerine ulaştırmaktadır (Şekil 3.23). Manyetik gerilmenin sıfıra yakın oluşu indüklenen gerilimin en fazla  $0^\circ$ 'de olmasına neden olmaktadır.

Şekil 3.24'de 2605SA1 amorf toroid dönüştürücüde kuvvetin (F) açığa bağlı değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi görülmektedir. Diğer grafiklerde de ortaya çıkmış olan  $90^\circ$ 'lik açı değerinde çıkış geriliminin en üst değerine ulaşması bu grafikte daha net bir şekilde gözükmektedir.  $45^\circ$ 'lik açı değerinde indüklenen gerilimin daha az olduğu gözükmektedir. 2705X amorf toroid dönüştürücüde ise  $90^\circ$ 'lik açı değerinde kuvvetin artışıyla birlikte çıkış geriliminde çok küçük değişiklikler olduğu,  $0^\circ$ 'lik açı değerinde ise kuvvet artışının çıkış gerilimini artırdığı görülmektedir (Şekil 3.25).

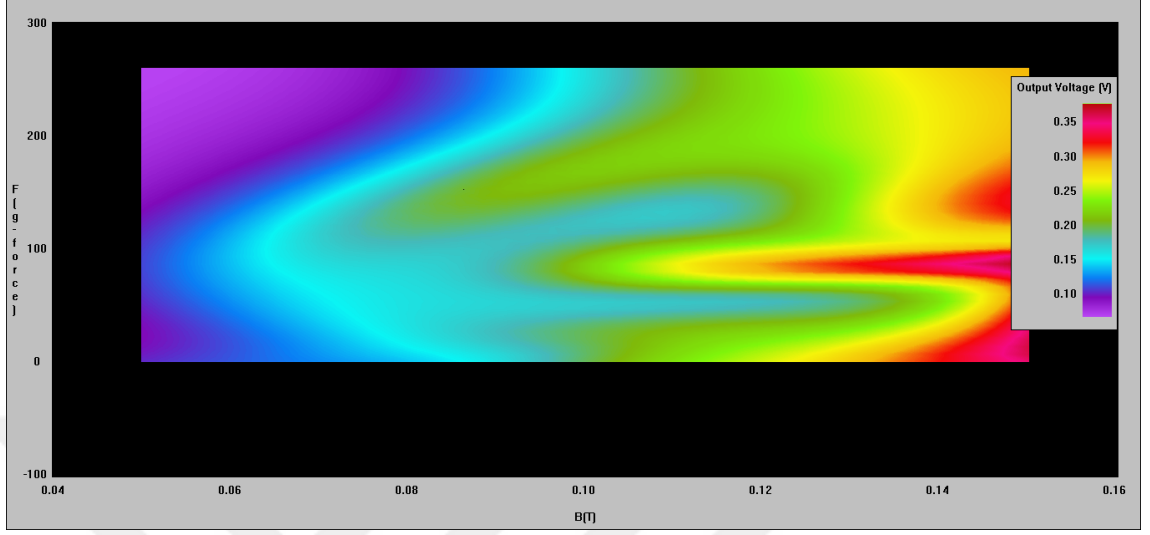


Şekil 3.14. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün manyetik akı yoğunluğunun (B) uygulanan frekans (f) ile değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.

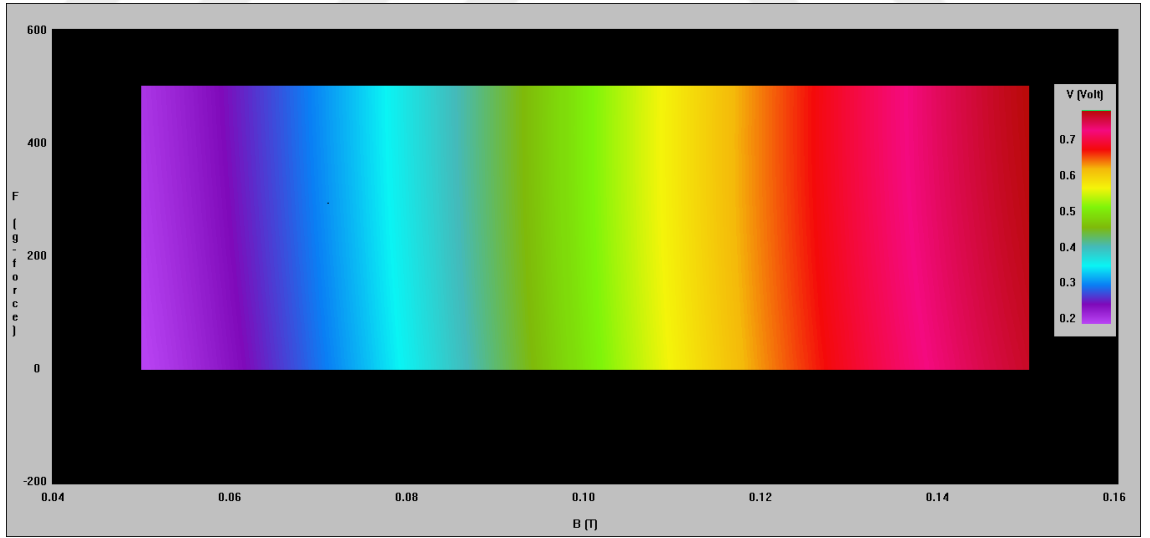


Şekil 3.15. 2705X amorf toroid dönüştürücünün manyetik akı yoğunluğunun (B) uygulanan frekans (f) ile değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.

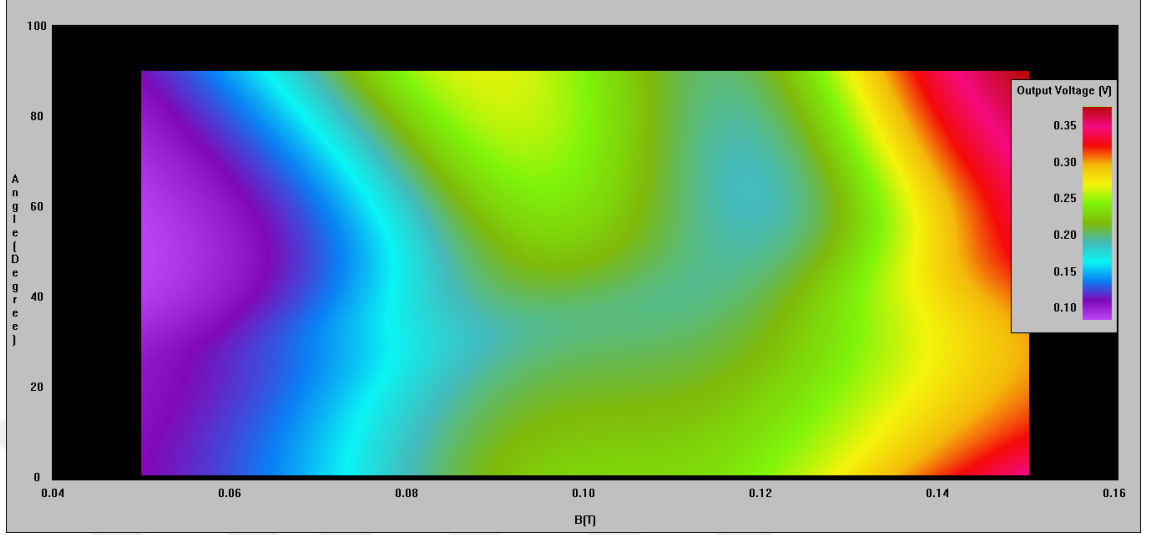




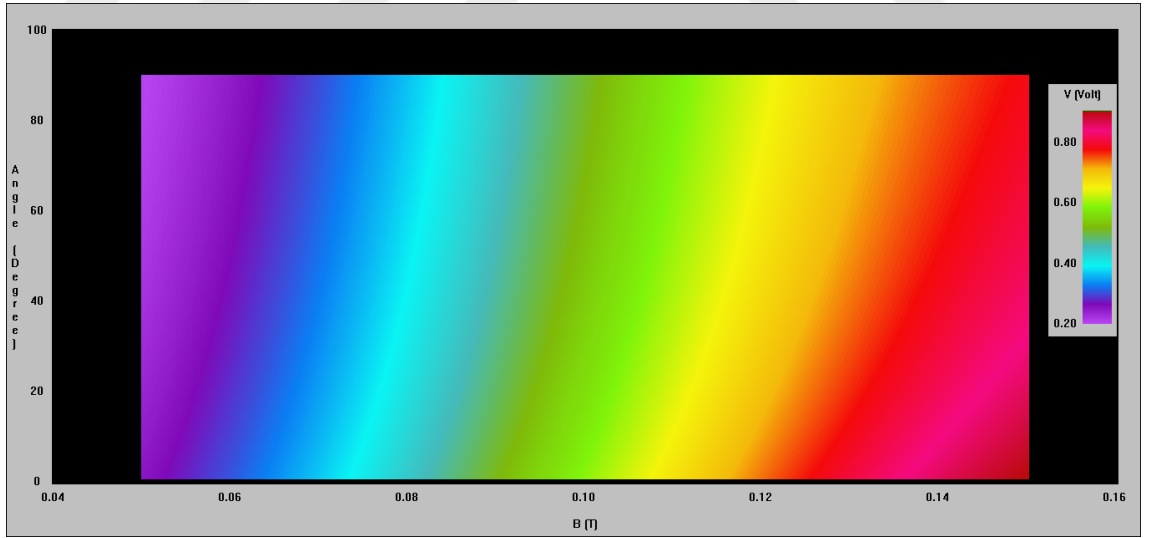
Şekil 3.16. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün manyetik akı yoğunluğunun (B) uygulanan kuvvet (F) ile değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.



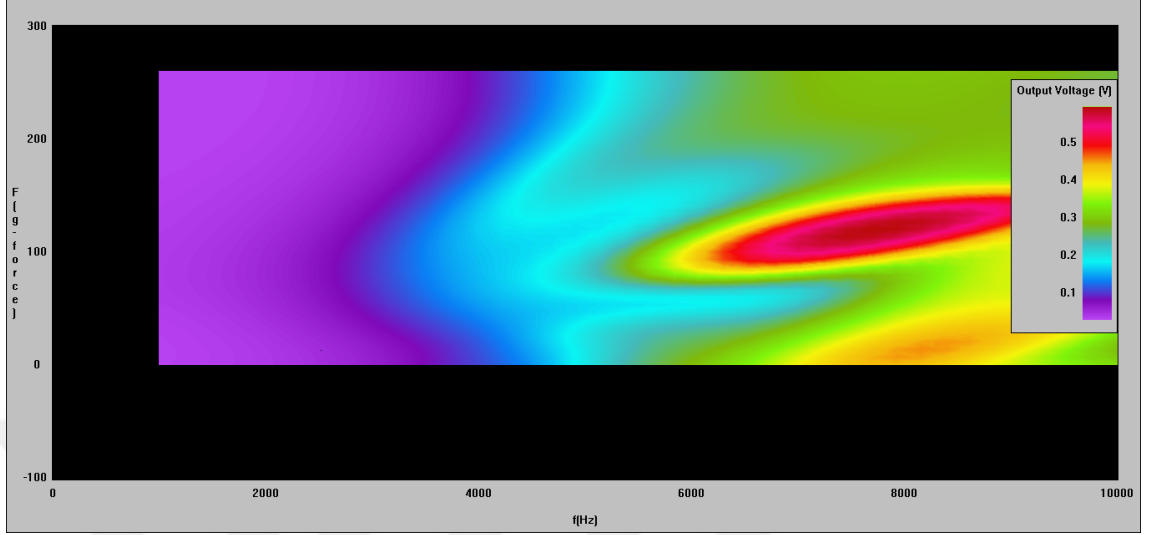
Şekil 3.17. 2705X amorf toroid dönüştürücünün manyetik akı yoğunluğunun (B) uygulanan kuvvet (F) ile değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.



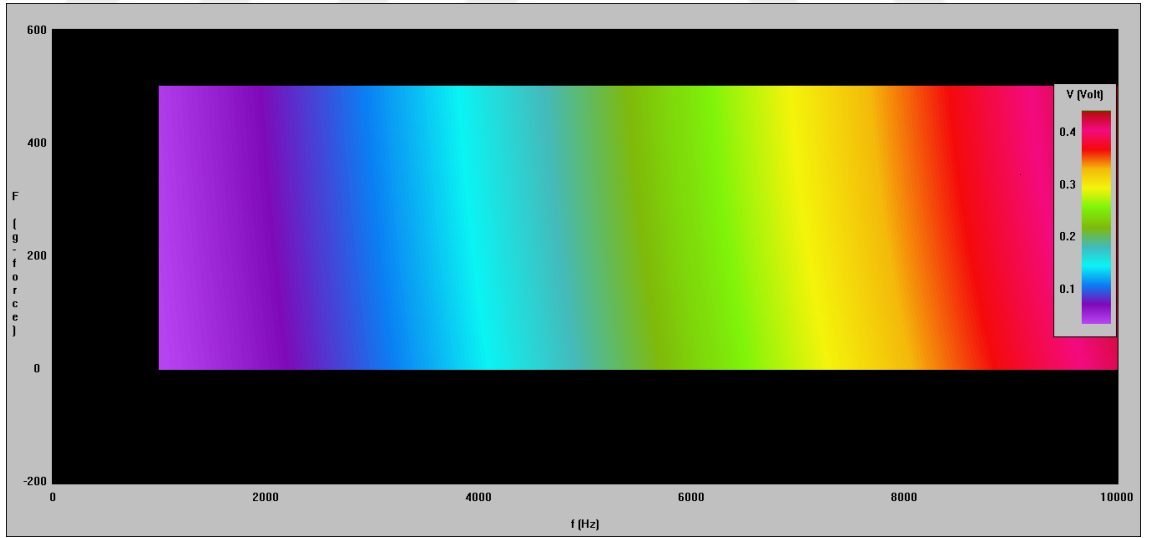
Şekil 3.18. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün manyetik akı yoğunluğunun (B) açığa bağlı değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.



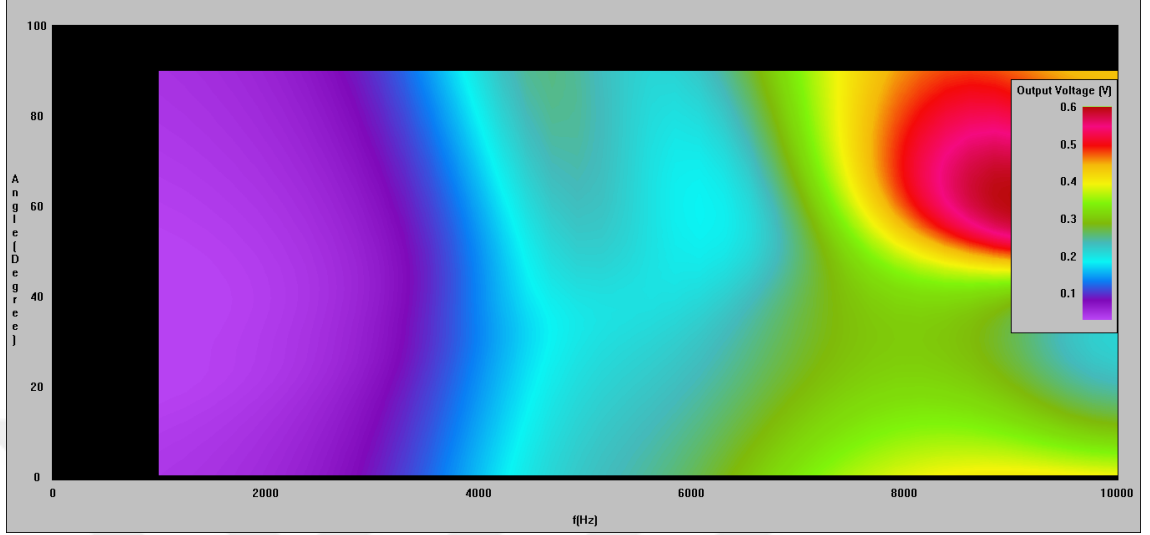
Şekil 3.19. 2705X amorf toroid dönüştürücünün manyetik akı yoğunluğunun (B) açığa bağlı değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.



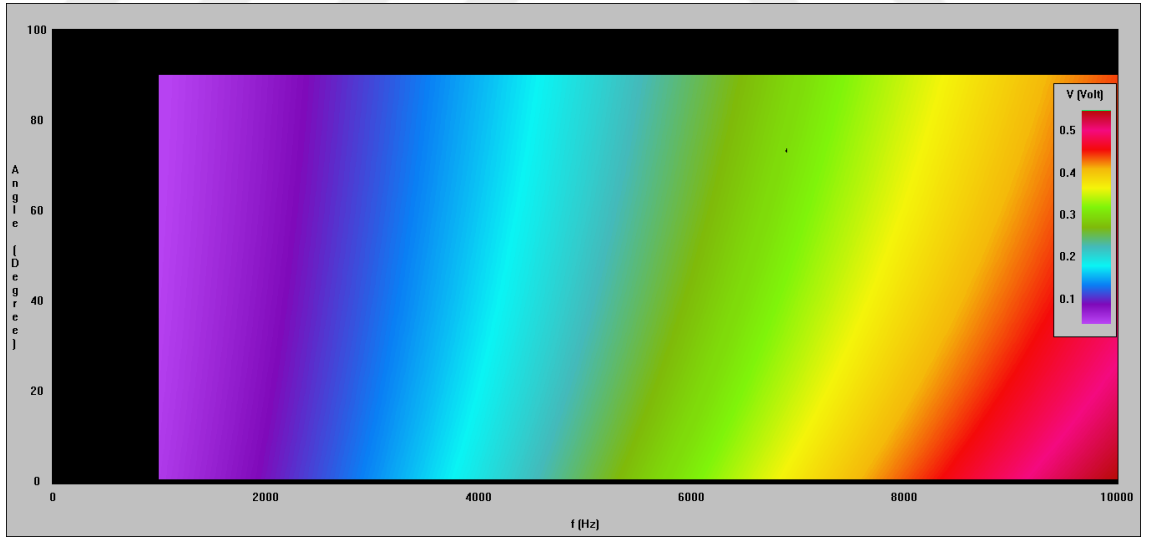
Şekil 3.20. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün frekansının (f) kuvvet (F) ile değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.



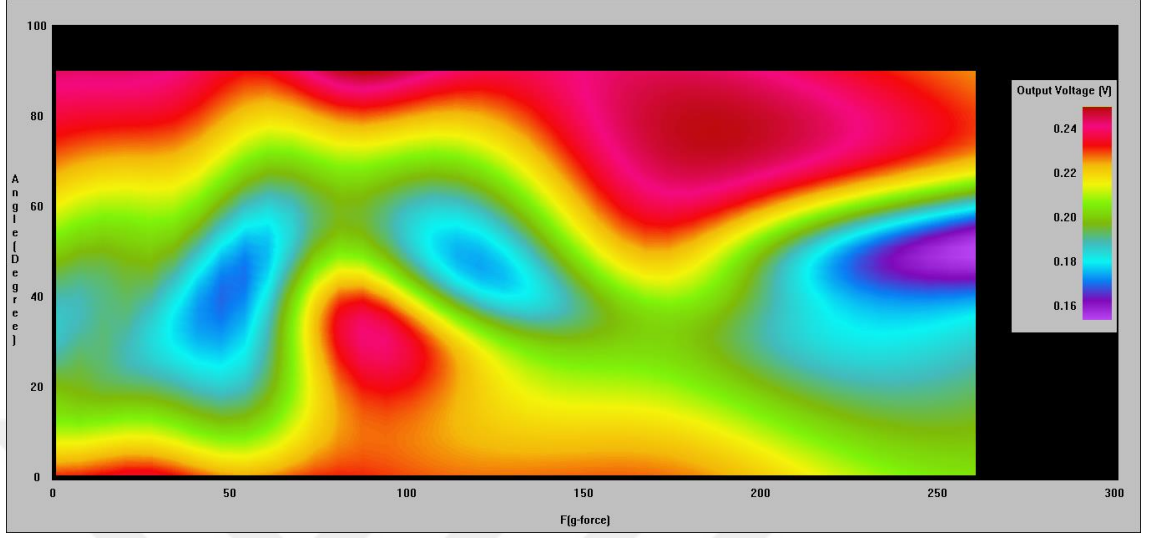
Şekil 3.21. 2705X amorf toroid dönüştürücünün frekansının (f) kuvvet (F) ile değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.



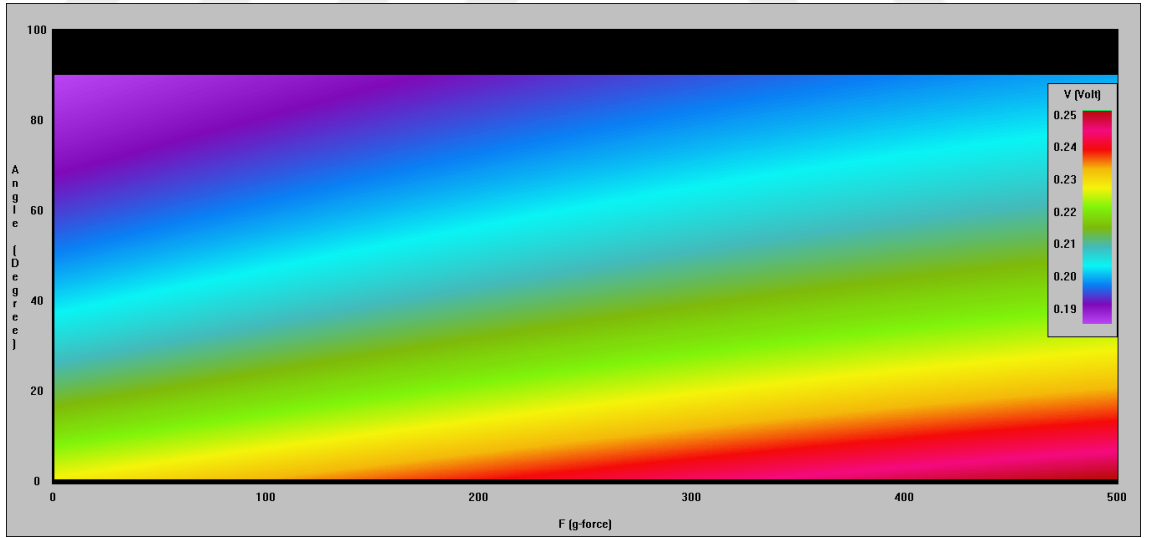
Şekil 3.22. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün frekansının (f) açığa bağlı değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.



Şekil 3.23. 2705X amorf toroid dönüştürücünün frekansının (f) açığa bağlı değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.



Şekil 3.24. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün kuvvetin (F) açığa bağlı değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.



Şekil 3.25. 2705X amorf toroid dönüştürücünün kuvvetin (F) açığa bağlı değişiminin çıkış gerilimine (V) etkisi.

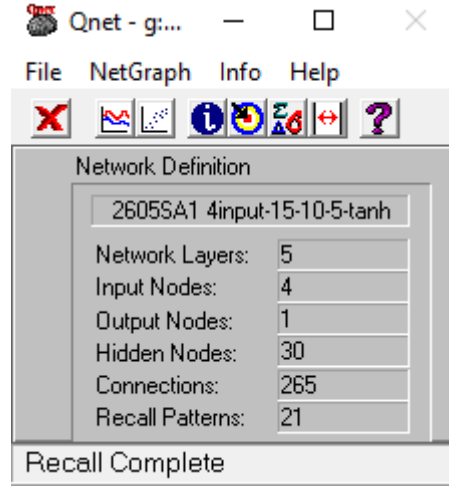
Çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinde giriş verilerinin çıkış gerilimine yüzde katkı oranı Çizelge 3.2.'de verilmektedir. Her iki amorf toroid dönüştürücüde en büyük katkıyı verenin frekans ve manyetik akı yoğunluğu olduğu görülmektedir. Frekans ve manyetik akı yoğunluğundan sonra en büyük katkıyı verenin açı değerleri olduğu gözükmemektedir. 2705X amorf toroid dönüştürücüde kuvvetin katkısının %1,08 değerinde kalmasının nedeni ise 2705X amorf şeridinin manyetik gerilmesinin sıfıra yakın olmasıdır.

Çizelge 3.2. Çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinde giriş verilerinin çıkış gerilimine yüzde katkı oranı

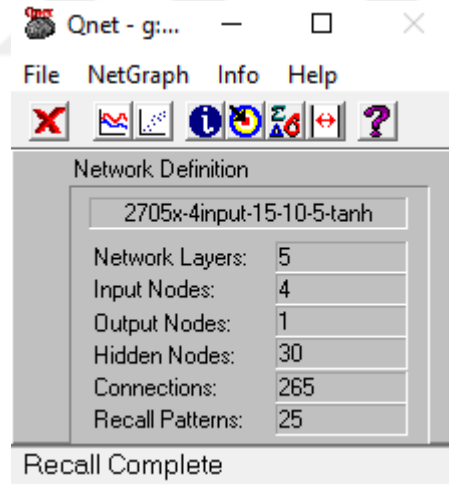
Giriş Değişkenleri	2605SA1 için çıkış gerilimine % katkı oranı	2705X için çıkış gerilimine % katkı oranı
B	33,30	34,75
f	51,98	59,28
F	6,53	1,08
Açı	8,20	4,89

Çıkış gerilimi (V) verilerinin öğrenme verileri içinde olmayan bir bölümü yapay sinir ağı modelinin doğruluğunu ölçmek için kullanılmıştır. Şekil 3.26.'da 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün, Şekil 3.27'de 2705X amorf toroid dönüştürücünün bu denemeden sonra elde edilen yapay sinir ağı sonuç ekranı gösterilmektedir. Giriş sınavı verileri ve beklenen hedef verileri arasındaki uyum Şekil 3.28 ve Şekil 3.29'da görülmektedir. Ortalama düzeltme katsayısı ve en büyük hata 2605SA1 için sırasıyla %99,94 ve %1,84, 2705X için sırasıyla %99,99 ve %0,71 bulunmuştur.

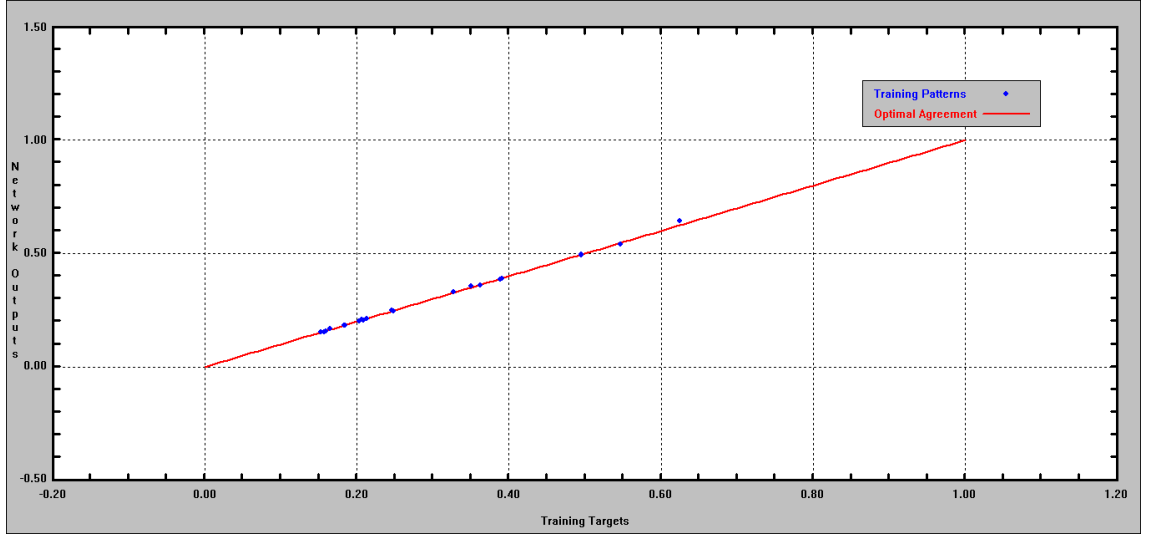
Geliştirilen yapay sinir ağı modeli ile tahmin yüksek düzeltme katsayısına ve küçük hata oranına sahiptir. Benzeşim ve tahmin sonuçları arasında kabul edilebilir kesinlik ve iyi bir düzeltme katsayısı ile çıkış gerilimi için geliştirilen yapay sinir ağı modeli her iki dönüştürücü için de kabul edilebilir tahmin kapasitesine sahiptir.



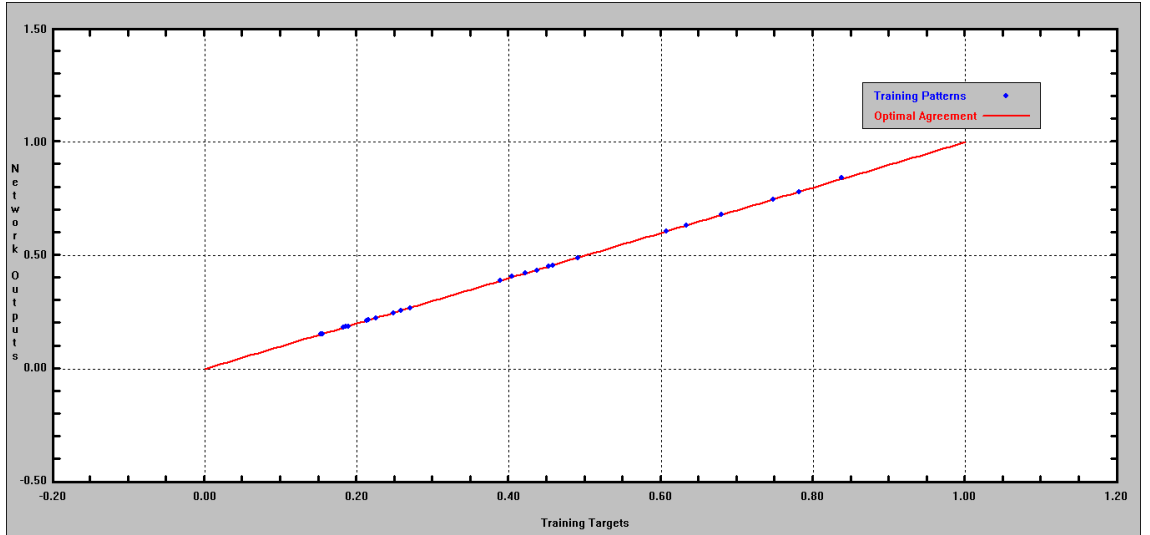
Şekil 3.26. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinin sonuç ekranı



Şekil 3.27. 2705X amorf toroid dönüştürücünün çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinin sonuç ekranı



Şekil 3.28. 2605SA1 amorf toroid dönüştürücünün çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinde deneysel giriş sınaama verileri ile tahmin edilen veriler arasındaki uyum.



Şekil 3.29. 2705X amorf toroid dönüştürücünün çıkış gerilimi tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinde giriş sınaama verileri ile tahmin edilen veriler arasındaki uyum.



#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Amorf şeritten yapılan çekirdek, bir kuvvet etkisinde kaldığında madde içinde domain değişimlerinden kaynaklanan bölgesel gerilme oluşur. Domain değişimleri toroid çekirdeğin dış yüzeyinde ise bir çekme iç yüzeyinde ise sıkıştırma gerilmesi indüklenir (Meydan 1992).

Gerilme yalnızca domain duvarı hareketine neden olabilir. Bu hareket tüm örnekte net mıknatıslanmanın sıfır olmasını sağlayabilir. Bundan dolayı gerilme oluştuğunda gerilme anizotropisi, olabilecek diğer anizotropilerle birlikte göz önünde bulundurulmalıdır. Gerilme anizotropisi için manyetik elastik enerji,

$$E_{\lambda} = \frac{3}{2} \lambda_s \sigma \sin^2 \theta$$

şeklinde yazılır. Burada  $\lambda_s$  doyum manyetik gerilmesi,  $\sigma$  gerilme ve  $\theta$  gerilme ile doyum mıknatıslanması arasındaki açıdır (Chikazumi 1986). Bir madde mıknatıslandığında manyetik gerilme mıknatıslanma ile birlikte değişir.

$$\lambda = \frac{3}{2} \lambda_s \left( \frac{M}{M_s} \right)$$

Burada  $\lambda$ , mıknatıslanma anındaki manyetik gerilmedir.

##### 4.1. Amorf Toroid Dönüştürücü Sonuçlarının Tartışılması

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde 2605SA1 amorf şeritte en büyük artış 10 kHz frekans değerinde iken 2705X amorf şeritte 1 kHz frekans değerindedir.

2605SA1 amorf şerit için Şekil 3.3., 3.4. ve 3.5.'e bakıldığında çıkış geriliminde kayda değer bir artış gözlemlenmektedir. 1 kHz frekans değerinde indüklenen gerilim manyetik akı yoğunluğu 150 mT ve algılayıcı bobin 90°'lik konumda iken yaklaşık 75 mV derecesinde iken 10 kHz frekans değerinde, 150 mT manyetik akı yoğunluğunda ve algılayıcı bobin 90°'lik konumda iken yaklaşık 700 mV derecesine kadar çıkmaktadır.

2705X amorf şerit için Şekil 3.6., 3.7. ve 3.8.'e bakıldığında çıkış geriliminde dikkate değer bir artış gözlemlenmemektedir. 1 kHz frekans değerinde indüklenen gerilim manyetik akı yoğunluğu 150 mT ve algılayıcı bobin 90°'lik konumda iken yaklaşık 150 mV derecesinde iken 10 kHz frekans değerinde, 100 mT manyetik akı yoğunluğunda ve

algılayıcı bobin 90°'lik konumda iken bu değer yaklaşık 1200 mV derecesine kadar çıkmaktadır.

2705X amorf şeritte manyetik gerilmenin sıfıra yakın olmasından dolayı beklenildiği gibi algılayıcı bobinin farklı konumlarında uygulanan kuvvetle birlikte çıkış geriliminde önemli değişiklikler olmamıştır. Çıkış geriliminin kararlı olması, 2705X amorf şeridin sıfıra yakın manyetik gerilmesinin bir sonucu olarak uygulanan kuvvetin domain yapısında dikkate değer bir değişim oluşturmamasından kaynaklanmaktadır. Domain yapısı uygulanan kuvvetle birlikte önemli bir şekilde değişmemiştir ve bunun sonucu olarak bütün akı yoğunluğu ve frekans değerlerinde çıkış gerilimi sabit kalmıştır.

#### **4.2. Yapay Sinir Ağları ile Yapılan Tahmin Sonuçlarının Tartışılması**

Öğrenme verileri 2605SA1 amorf şerit için 352, 2705X amorf şerit için 599 satır veri bankasından oluşmuştur. Bu modelde 3 gizli seviyeli tanjant-hiperbolik ve sigmoid aktarım fonksiyonlarından oluşan tam bir öğrenme gerçekleşmiştir.

Öğrenmede yapılan hata oranı 2605SA1 için %0.03343, 2705X için %0.0983 düzeyinde olmuştur (Şekil 3.10. ve Şekil 3.11.). Çizelge 3.2.'ye bakıldığında öğrenmenin gerçekleşmesinde giriş verilerinin çıkış gerilimine katkısında frekansın katkısı her iki şerit için de en büyük olurken uygulanan kuvvetin katkısı ise en küçük olmuştur. Yani frekansın değişmesi çıkış gerilimine doğrudan etki etmektedir. Yine benzer şekilde akı yoğunluğu da çıkış geriliminin değişmesinde önemli rol oynamaktadır. Ama açının ve uygulanan kuvvetin etkisi az olmaktadır.

Yapılan tahmini doğrulama işlemi öğrenme verileri içinde bulunmayan aynı verilerle yapıldığında Şekil 3.28 ve Şekil 3.29'da görülen uyum elde edilmiştir. Elde edilen yapay sinir ağı modelleri deneysel veri olmayan bölgeler için belirlenen sınırlar içinde doğru tahminler yapılmasına imkan sağlamaktadır.

#### **4.3. Sonuç**

Amorf toroid dönüştürücülerdeki uygulanan kuvvet domain duvarı hareketini oluşturmakta ve bölgesel akı yoğunluğu veya indüklenen gerilimi değiştirmektedir. Bu etki manyetik gerilmesi yüksek amorf maddelerde daha önemlidir. Bölgesel akı yoğunluğundaki en önemli değişim 0° ve 90°'deki algılayıcı bobinlerde olmuştur. Çünkü bu bölgelerde uygulanan kuvvet ile domain duvarları daha çok etkilenmekte ve

Faraday yasasına göre zamana bağı bir değişim daha fazla olduğundan daha yüksek değerde gerilim indüklenmektedir. 2605SA1'de 10 kHz ve 150 mT değerlerinde indüklenen gerilim, indüklenen gerilme anizotropisi ve geğirgenlikten dolayı daha iyi çalışma koşulları elde edilmiştir.

Bu araştırmada sıfıra yakın ve yüksek manyetik gerilmeli amorf şeritlerde eğimli bölgelerdeki gerilmenin etkisi araştırılmıştır. Manyetik gerilmesinin sıfıra yakın olmasından dolayı indüklenen gerilimin uygulanan kuvvetle değişimi aynı sebepten yeterince büyük değildir. 2605SA1 amorf şeridin manyetik gerilmesi yüksek olduğundan dolayı bölgesel olarak kuvvete karşı çok duyarlıdır. Bundan dolayı değme noktasına göre 90°deki algılayıcı bobinlerden daha fazla gerilim elde edilebilmektedir.



## KAYNAKLAR

**Beckley, P. 2000.** Electrical Steels. European Electrical Steels, Orb Works, Newport, South Wales. p. 83, 138.

**Chikazumi, S., 1986.** “Physics of magnetism”, Robert E. Krieger Publishing Co. Inc., Chapter 13, pp. 260.

**Cullity, 2009.** Introduction to Magnetic Materials, John Wiley & Sons Inc. 2<sup>th</sup> Ed.

**Çaylak, O. 2008.** Ferromanyetik amorf tellerde çok büyük manyetik empedans etkisinin incelenmesi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

**Derebaşı, N. 1994.** Effect of Tension and Surface Properties on Magnetic Domains and Power Loss in Amorphous Ribbons. Ph. D. Thesis, Wolfson Centre for Magnetic Technology, School of Electrical, Electronic and Systems Engineering, University of Wales College of Cardiff. p. 18-24, 27, 36-38, 96-97.

**Derebaşı, N., Meydan, T., 1997.** “Effect of stress on localised flux directions in amorphous toroidal transducers”, Sensors and Actuators A, vol. 59, pp. 342-346.

**Derebaşı, N. 2002.** Aydınlatma Cihazlarının Transformatör Çekirdeklerinde Kullanılan Maddelerin Özellikleri. 4. Ulusal Aydınlatma Kongresi. İstanbul. 5 Ekim 2002, s. 100-107. Özdil Basımevi. İstanbul.

**Derebaşı, N. 2015.** Termoelektrik soğutma hücrelerinde geometrik yapısal etkilerin incelenmesi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

**Erdem, S. 2006.** Transformatör Çekirdeklerinde Kullanılan Elektrik Çelikleri Ve Amorf Şeritlerin Uç Uca Gelen Birleşim Yerlerindeki Manyetik Akı Dağılımının Deneysel Ve Kuramsal İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

**Graupe D., 1997.** Principles of artificial neural networks, World scientific publishing Co. Pte. Ltd., Singapore.

**Gunes, T., Derebasi, N., Erdonmez C. 2015.** Localized flux density Distribution Around a hole in non-oriented electrical steels, IEEE transactions on magnetics, vol. 51, no. 1, january 2015

**Hacismailoğlu, C. 2011.** Nano-kristal toroid manyetik çekirdeklerde histerezis eğrisinin modellenmesi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

**Hagan, M., T. 1996.** Neural network design. PWS Publishing Company, USA, 1.2-1.8, 11.7-11.10 pp.

**Krenker, A., Bester, J., Kos, A. 2011.** Introduction to the artificial neural networks - Methodological Advances and Biomedical Applications, Prof. Kenji Suzuki (Ed.), ISBN: 978-953-307-243-2, InTech, Available from:  
<http://www.intechopen.com/books/artificial-neural-networksmethodological-advances-and-biomedical-applications/introduction-to-the-artificial-neural-networks>

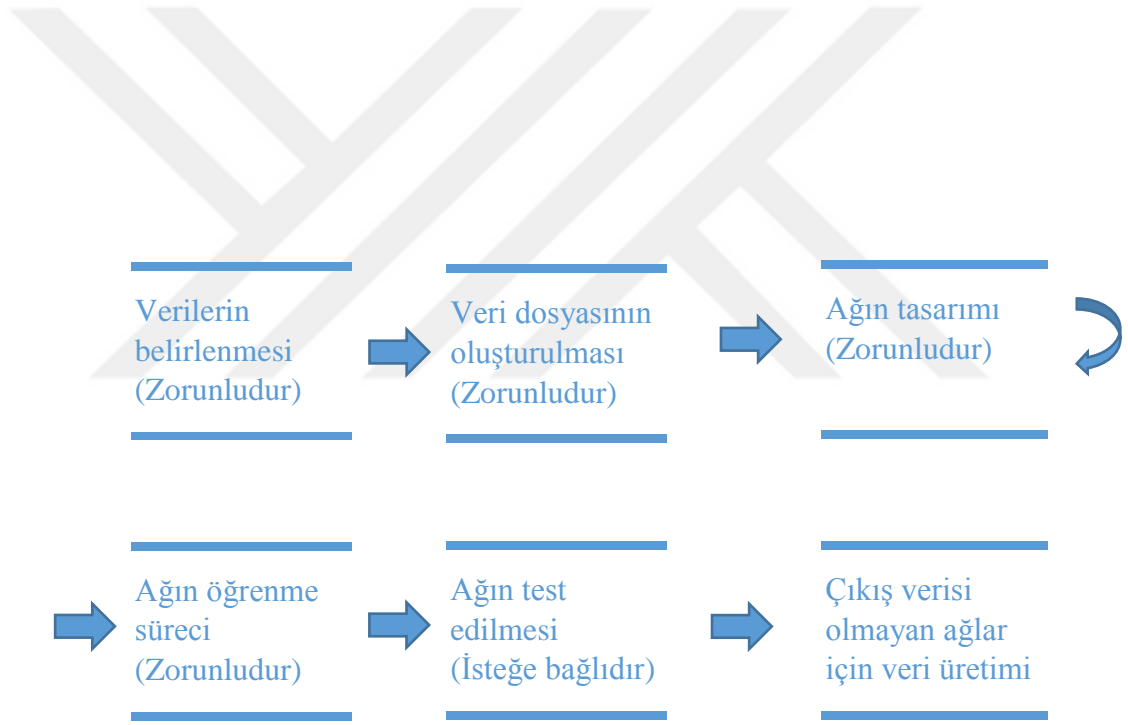
**Serway, 2000.** Fen ve Mühendislik için Fizik-2, 5. Baskı, Raymond A. Serway, Robert J. Beichner/Çev. Ed.: Prof. Dr. Kemal Çolakoğlu, Palme Yayıncılık.

**T. Meydan, M. Goktepe, A. Honda, N. Derebasi, 1992.** "Influence of bending stress on domain motion in amorphous material based magneto elastic transducers", J. Magn. Mater., vol. 112, pp. 269-271.

## EKLER

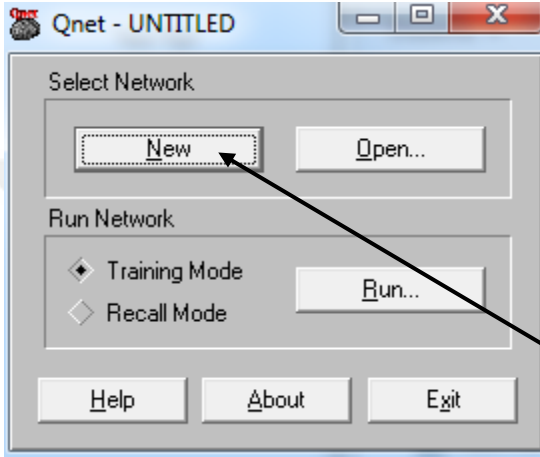
### EK-1 Qnet2000® PROGRAMININ KULLANIMI

Program, MS® Excel ile birlikte çalışmaktadır. Programın akış şeması Şekil E1.1.'de verilmiştir. Programda kullanılan giriş ve hedef verileri, normalleştirme gerekliliği ve ağın testi isteğe bağlıdır. Fakat sinir ağının seviye sayısı, gizli seviye sayısı, gizli seviyelerdeki nöron sayısı, kullanılan aktarım fonksiyonu, döngü sayısı ve programın tarayacağı satır sayısı programda yapılması zorunlu olan adımlardır.



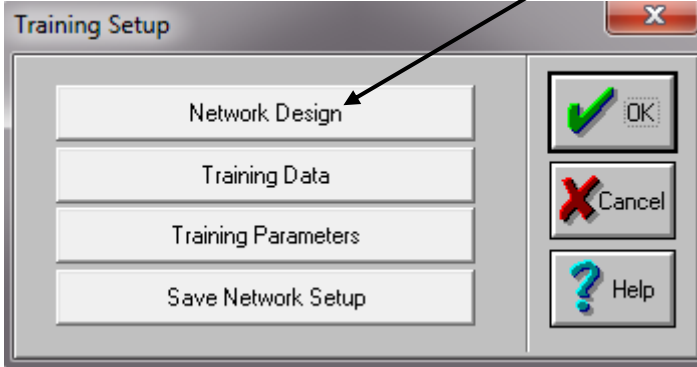
Şekil E.1.1. Qnet2000 Programının akış diyagramı

Yeni bir yapay sinir ağı oluşturmak için, Şekil E.1.2.'de görüldüğü gibi “New” menüsüne girilir. Sinir ağı tasarlamak için, Şekil E.1.3.'deki “Network Design” seçeneği işaretlenir.



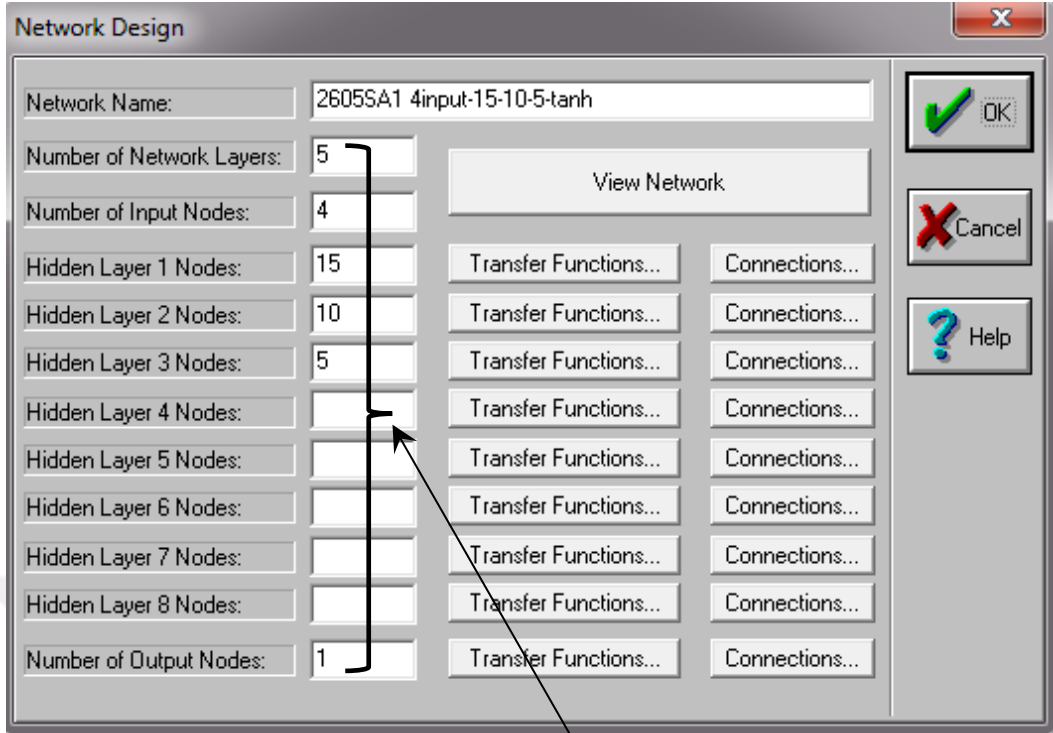
Sinir ağına giriş adımları

Şekil E.1.2. Programa giriş adımı

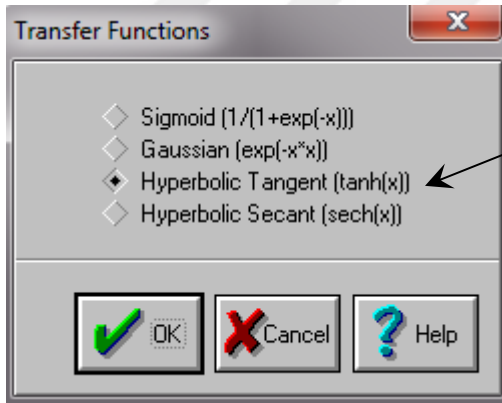


Şekil E.1.3. Sinir ağı tasarımına giriş adımı

Şekil E.1.4.'deki bu pencerede, ağın adı, seviye sayısı, giriş, gizli seviye ve çıkış nöron sayıları yazılır. Aktarım fonksiyonları seçeneklerinden, Şekil E.1.5.'deki gibi her bir seviye için gizli seviyeler ve çıkış seviyesinde kullanılacak olan fonksiyonlar seçilir. “Tamam” tuşuna basılınca, Şekil E.1.3.'deki ana menüye dönülür ve bir sonraki “Trainig Data” menüsüne girilir.



Şekil E.1.4. Sinir ağı tasarımı



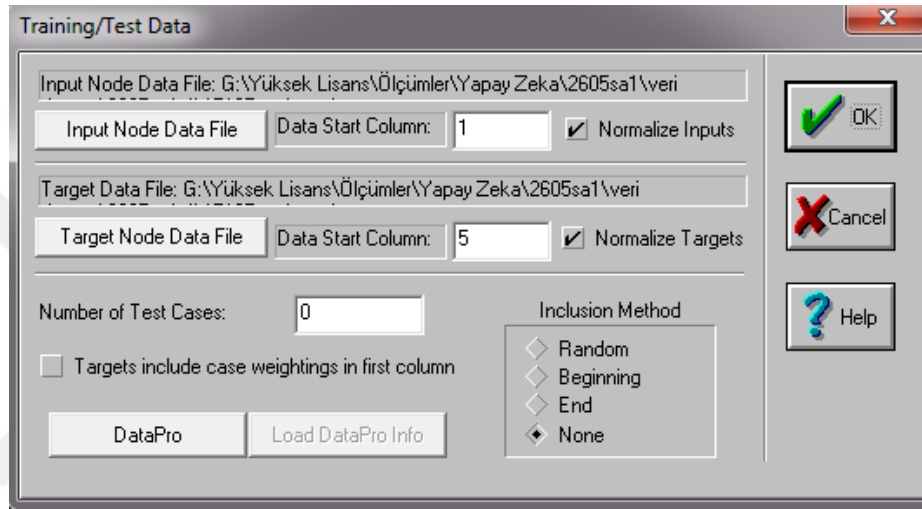
Ağ seviyeleri ve aktarım fonksiyonları

Şekil E.1.5. Aktarım fonksiyonunun seçimi

“Training Data” menüsünde karşımıza çıkan ekranda Şekil E.1.6.’daki DataPro seçeneğine girilerek, Şekil E.1.7.’deki giriş verileri, Şekil E.1.8.’deki “Inputs” bölümüne “Paste Inputs” komutuyla yapıştırılır. “Paste Inputs” menüsünün altındaki “Labels” menüsüne girilir. Ekrana gelen Şekil E.1.9.’daki pencerede “Add/Edit” menüsü işaretlenir. Ekrana gelen pencereye giriş değişkenleri birimleriyle birlikte yazılır. Tamam tuşu işaretlenir. Şekil E.1.7.’deki hedef veriler (sadece çıkış gerilimi sütunu) seçilip, Şekil E.1.8.’deki “Targets” bölümüne “Paste Targets” komutuyla yapıştırılır. Yine “Labels” menüsüne girilerek hedef veri olan çıkış gerilimi birimiyle



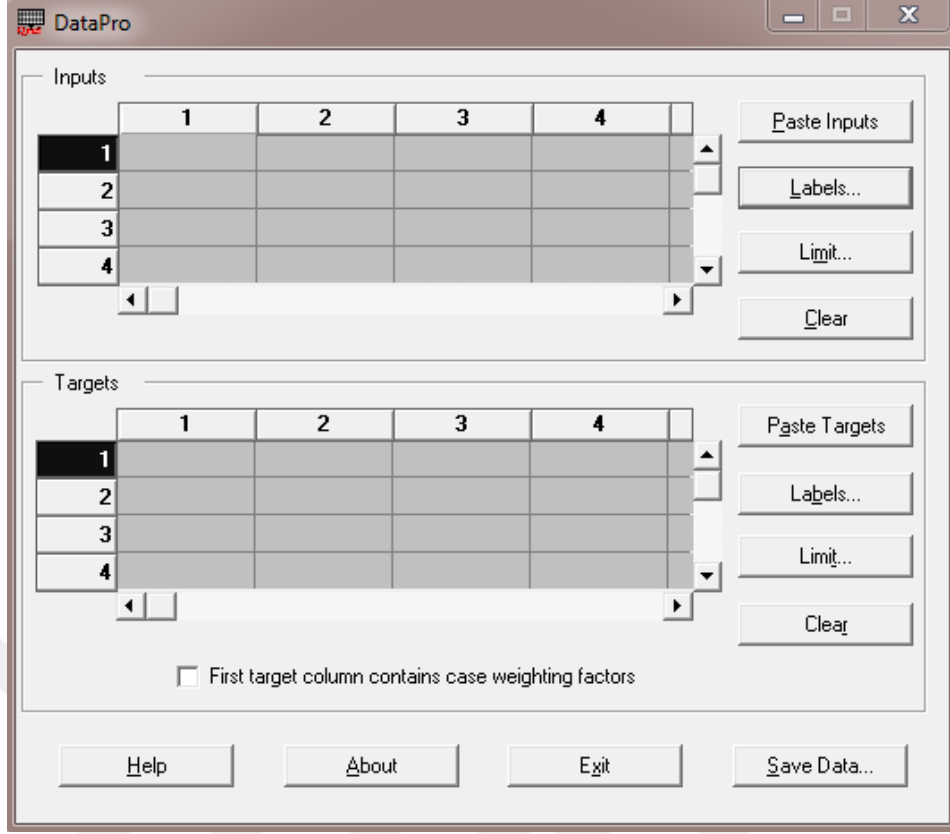
birlikte yazılır ve son olarak Şekil E.1.8.’deki “Save Data” seçeneğine girilerek oluşturulan veri dosyası kaydedilir. “Tamam” tuşuna basılınca tekrar Şekil E.1.3.’deki ana menüye dönülür, “Training Parameters” seçeneği işaretlenir. Şekil E.1.10’da karşımıza gelen ekrandan ağ değişkenleri belirlenir. “Tamam” tuşuna basılıp ana menüdeki “Save Network Setup” işaretlenerek ağ kaydedilir ve “Tamam” tuşuna basılıp ağ çalıştırılır. Ağ öğrenme işlemi tamamlandığında, Şekil E.1.11’deki gibi öğrenme işleminde oluşan ortalama hata ve hedef verilerle ağ çıkışı arasındaki uyum ekranda görülmektedir.



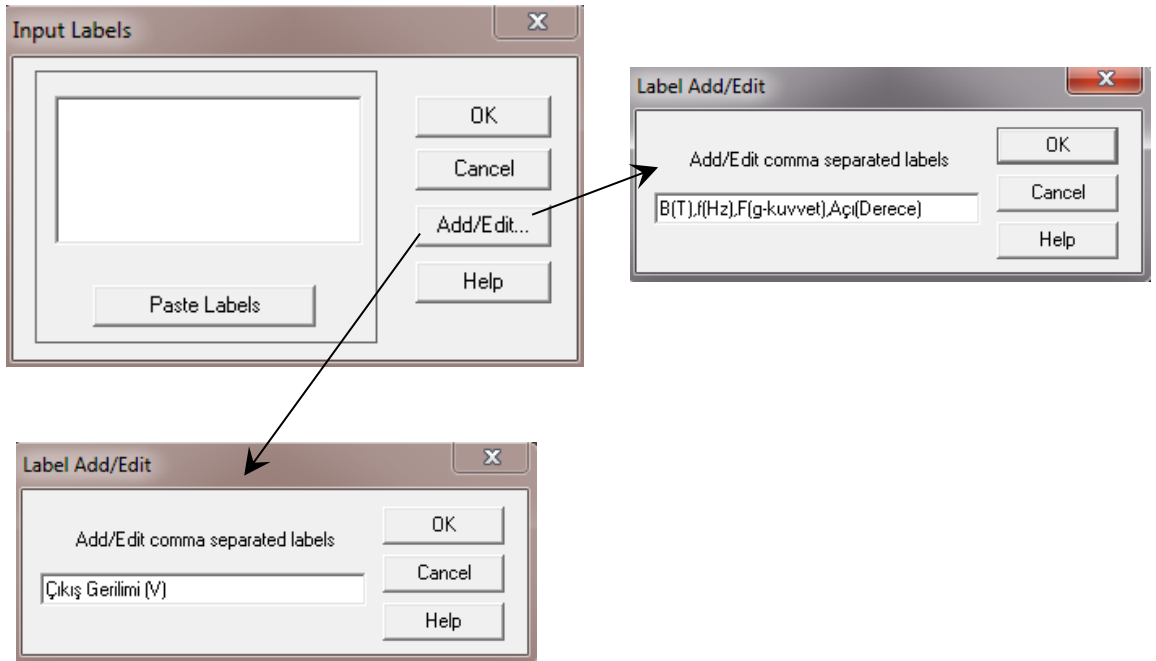
Şekil E.1.6. Giriş verilerinden, sinir ağı için veri dosyası oluşturma

B(T)	f(Hz)	F(g-kuvvet)	Açı (°)	V(Volt)
0.05	1000	0	0	0.0207
0.05	1000	40	0	0.0199
0.05	1000	60	0	0.0203
0.05	1000	80	0	0.020166667
0.05	1000	100	0	0.0207
0.05	1000	120	0	0.019566667
0.05	1000	140	0	0.0197
0.05	1000	160	0	0.020466667
0.05	1000	180	0	0.019466667
0.05	1000	200	0	0.019266667
0.05	1000	220	0	0.019533333
0.05	1000	240	0	0.019066667
0.05	1000	260	0	0.0193
0.05	1000	0	45	0.015966667
0.05	1000	20	45	0.015733333
0.05	1000	40	45	0.0135
0.05	1000	80	45	0.019166667
0.05	1000	100	45	0.019266667
0.05	1000	120	45	0.019066667

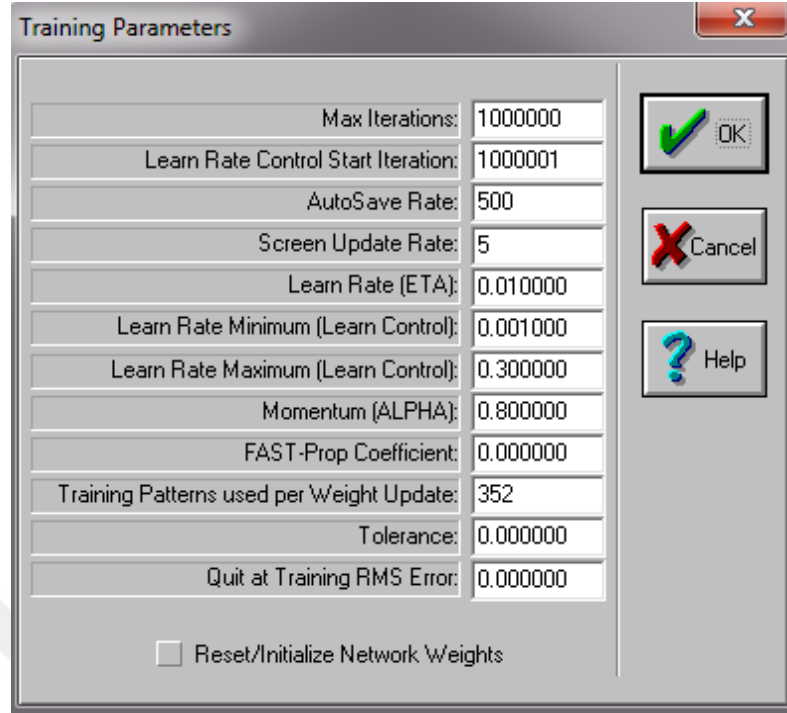
Şekil E.1.7. Giriş verilerinin seçilmesi



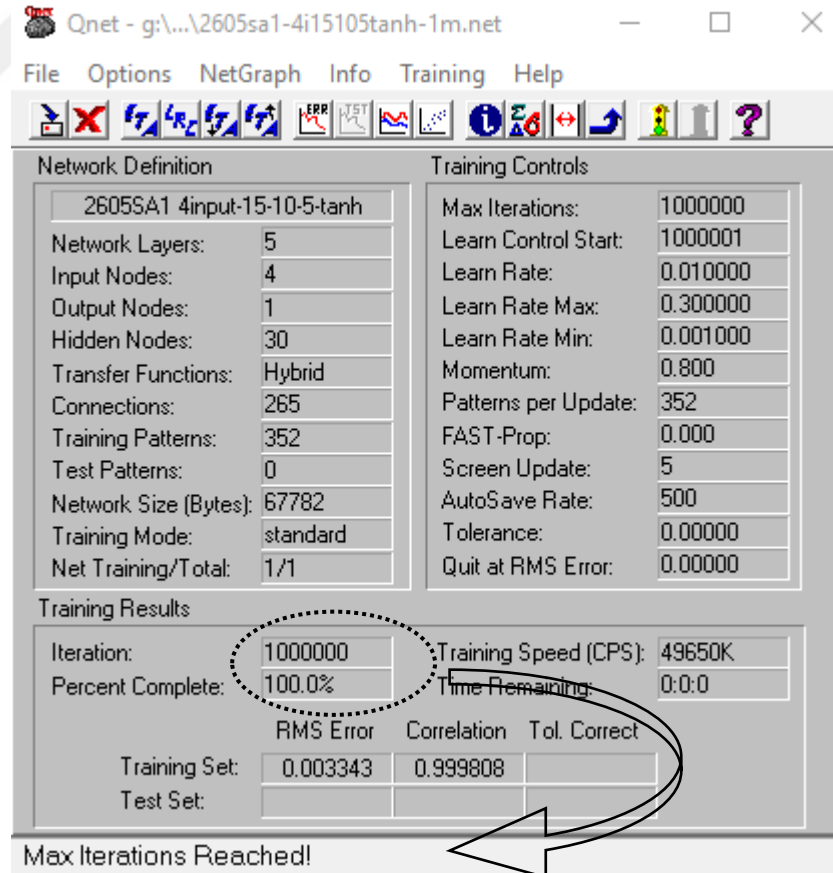
Şekil E.1.8. Giriş verilerinin veri dosyasına yapıştırılması



Şekil E.1.9. Giriş ve çıkış değişkenlerinin veri dosyasına girilmesi



Şekil E.1.10. Ağ değişkenlerinin belirlenmesi



Şekil E.1.11. Öğrenme işlemi sonunda ağ çıkışı

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mahmut Kemal BEKTAŞ

Doğum Yeri ve Tarihi : Trabzon – 01/02/1987

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Trabzon Fatih Lisesi

Lisans : Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi  
Fizik Bölümü

Yüksek Lisans :

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Özel Bursa Meltem Koleji – 2012 - ....

İletişim (e-posta) : mkbektas@hotmail.com

**Yayımları** :

**N.Derebasi, M.K.Bektas, O.Caylak, 2016.** Effect of magnetostriction of localised flux density on amorphous bent cores. (Hakem incelemesinde)

**Bildirileri** :

**N.Derebasi, M.K.Bektas, O.Caylak, 2016.** Effect of magnetostriction of localised flux density on amorphous bent cores, 5th International Conference on Superconductivity and Magnetism, Fethiye, Türkiye.