



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ELEKTRİK- ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DEĞİŞİK ÇALIŞMA KOŞULLARI İÇİN YERÇEKİMSEL ARAMA
ALGORİTMASI İLE TRANSFORMATÖR VERİM
OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YALÇIN ALCAN

AĞUSTOS 2014

DÜZCE

KABUL VE ONAY BELGESİ

Yalçın ALCAN tarafından hazırlanan “Değişik Çalışma Koşulları İçin Yerçekimsel Arama Algoritması İle Tranformatör Verim Optimizasyonu” isimli lisansüstü tez çalışması, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 21.07.2014 tarih ve 2014/620 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Üye
(Tez Danışmanı)
Doç.Dr.Ali ÖZTÜRK
Düzce Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Müh.

Üye
Yrd.Doç.Dr. Salih TOSUN
Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi
Elektrik-Elektronik Müh.

Üye
Yrd.Doç.Dr. Mehmet UÇAR
Düzce Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Elektrik-Elektronik Müh.

Tezin Savunulduğu Tarih : 08/08/2014

ONAY

Bu tez ile Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’ın Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans derecesini almasını onamıştır.

Prof. Dr. Haldun MÜDERRİSOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

08 Ağustos 2014

Yalçın ALCAN

TEŐEKKÖR SAYFASI

Lisans ve yüksek lisans döneminde bana büyük emeği geçen, bana her yönde rehberlik eden ve beni sabırla dinleyen, beni yönlendiren, tez danışmanım ve hocam Doç.Dr. Ali ÖZTÖRK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

08 Ağustos 2014

Yalçın ALCAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR SAYFASI	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ŞEKİL LİSTESİ.....	IV
ÇİZELGE LİSTESİ.....	V
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	VI
ÖZET.....	1
ABSTRACT	2
EXTENDED ABSTRACT.....	3
1. GİRİŞ.....	6
2. GENEL KISIMLAR	8
2.1. TRANSFORMATÖRLER HAKKINDA TEORİK BİLGİ.....	10
2.2. TRANSFORMATÖRLERİN ÖNEMİ	11
2.3. TRANSFORMATÖRÜN TANIMI VE TEMEL YAPILARI.....	12
2.4. TRANSFORMATÖRÜN ÇALIŞMA PRENSİBİ	13
2.5. TRANSFORMATÖRLERİN SINIFLANDIRILMASI	14
2.6. TRANSFORMATÖRÜN ÇEŞİTLERİ	15
2.7. TRANSFORMATÖRDE POLARİTE	16
2.8. TRANSFORMATÖRLERİN PARALEL ÇALIŞMASI.....	16
2.9. TRANSFORMATÖRLERİN KAYIPLARI	17
2.9.1. Yüksüz Kayıplar (Boştaki Kayıplar).....	18
2.9.1.1. Yüksüz Kayıplardaki Histerezis Kayıpları	18
2.9.1.2. Yüksüz Kayıplardaki Girdap (Fuko) Akım Kayıpları	19
2.9.2. Yükteki Kayıplar	20
2.10. TRANSFORMATÖRLERDE VERİM	21
2.10.1. Verimin Bulunması	21
2.10.1.1. Direkt yolla verimin bulunması	21

2.10.1.2. Endirekt yolla verimin bulunması.....	22
2.11. BİR FAZLI TRANSFORMATÖRLER	22
2.12. ÜÇ FAZLI TRANSFORMATÖRLER.....	23
2.13. KENDİ KENDİNE SOĞUYAN YAĞLI TİP TRANSFORMATÖRLERİN VERİM HESABI	24
2.14. HAVA İLE KENDİ KENDİNE SOĞUYAN KURU TİP TRANSFORMATÖRLERİN VERİM HESABI	31
2.15. TRANSFORMATÖRLERİN OPTİMİZASYONUNDA KULLANILAN AMAÇ FONKSİYONU	32
2.16. TRANSFORMATÖRLERİN OPTİMİZASYONUNDA KULLANILAN DEĞİŞKENLER	33
2.17. TRANSFORMATÖR OPTİMİZASYONUNDA KULLANILAN KISITLAR	34
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	35
3.1. YER ÇEKİMSSEL ARAMA OPTİMİZASYONU YÖNTEMİ	35
3.2. YER ÇEKİMSSEL ARAMA OPTİMİZASYONU ALGORİTMASI	36
4. BULGULAR	39
4.1. YER ÇEKİMSSEL ARAMA OPTİMİZASYONU YÖNTEMİ İLE 100 kVA’ LIK YAĞLI TİP TRANSFORMATÖRÜN VERİM OPTİMİZASYONU	39
4.2. YER ÇEKİMSSEL ARAMA OPTİMİZASYONU YÖNTEMİ İLE 1,5 kVA’ LIK KURU TİP TRANSFORMATÖRÜN VERİM OPTİMİZASYONU	43
5.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	48
KAYNAKLAR.....	50
ÖZGEÇMİŞ	54

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Transformatörün yapısı.	12
Şekil 2.2. Transformatörün çalışma prensibi.	13
Şekil 2.3. Boşta çalışma durumunda transformatörün eşdeğer şeması.	18
Şekil 2.4. Histerisis eğrisi.	19
Şekil 2.5. Blok demir nüvedeki edyy akımları.	19
Şekil 2.6. Paketli saclardan yapılmış nüvedeki edyy akımları.	20
Şekil 2.7. Transformatörün kısa devre deneyi eşdeğer devresi.	20
Şekil 2.8. Transformatör veriminin direkt metotla bulunması için gerekli bağlantı.	21
Şekil 2.9. Bir fazlı transformatörün prensip şeması.	22
Şekil 2.10. Simetrik olmayan üç fazlı çekirdek tipi transformatör.	23
Şekil 2.11. Üç fazlı mantel tipi transformatör.	24
Şekil 3.1. Kütlelerin birbirleri ile etkileşimi.	35
Şekil 3.2. YAA akış şeması.	38
Şekil 4.1. Demir kesiti uygunluk faktörü – verim ilişkisi.	40
Şekil 4.2. Akım yoğunluğu – verim ilişkisi.	41
Şekil 4.3. Yağlı trafonun iterasyon süresince en iyi verim.	41
Şekil 4.4. Yağlı tip transformatörde yüklenme durumu - verim ilişkisi.	42
Şekil 4.5. Kuru tip transformatörde demir kesiti uygunluk faktörü- verim ilişkisi.	44
Şekil 4.6. Kuru tip transformatörlerde akım yoğunluğu - verim değişimi.	44
Şekil 4.7. Kuru tip transformatörlerde nesil - verim değişimi.	45
Şekil 4.8. Kuru tip transformatörün yüklenme durumu- verim ilişkisi.	45

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. Bakır sargılarında kullanılan akım yoğunluğu değerleri.	25
Çizelge 2.2. Çekirdek tipi transformatörlerin güce bağlı olarak verilmiş özgül amper – iletken sayısı değerleri yağla soğutulan çekirdek tipi transformatörler.	25
Çizelge 2.3. Yağ ile soğutulan çekirdek tipi transformatörlerin pencere bakır doldurma faktörü.	26
Çizelge 2.4. 5 ila 10000 kVA'ya kadar olan yağlı transformatörlerde çekirdek endüksiyonunun güce bağlı olarak değerleri	26
Çizelge 2.5. 50 Hz' de ve değişik endüksiyonlarda yüksek alaşımli saçların bir kilogramında meydana gelen demir kayıpları	27
Çizelge 2.6. Kuru çekirdek tipi transformatörlerin güce bağlı olarak verilmiş özgül- amper iletken sayısı.	31
Çizelge 2.7. Hava ile soğutulan çekirdek tipi transformatörlerin pencere bakır doldurma faktörü	32
Çizelge 4.1. Verim optimizasyonu yapılacak 100 kVA'lık trafonun temel değerleri.	39
Çizelge 4.2. Verim optimizasyonu yapılacak 1,5 kVA'lık trafonun temel değerleri.	43
Çizelge 4 3. YAA ve Klasik Yöntemin yağlı transformatör için karşılaştırılması.	46
Çizelge 4.4. YAA ve Klasik Yöntemin kuru transformatör için karşılaştırılması.	47

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

GA	Genetik Algoritma
KY	Klasik Yöntem
SEY	Sonlu Elemanlar Yöntemi
Trafo	Transformatör
VA	Volt - Amper
YAA	Yer çekimsel Arama Algoritması
a	Pencere genişliği
As	Amper sarım
a ₂	Alt gerilim sargısı radyal
B	Çekirdek endüksiyonu
b _{bacak}	Boyunduruk bacak, demir çekirdeğin çapına oranı
Bosluk	Alçak gerilim ile yüksek gerilim sargıları arasındaki bırakılan boşluk
B _j	Boyunduruk bacak endüksiyonu
C	Demir kesiti uygunluk faktörü
C _p	Yüksek gerilim sargısının izolasyon dahil çapı
D	Demir çekirdeğin çapı
G _{cu}	Bakır ağırlığı
G _{cu1}	Primer sargı bakır ağırlığı
G _{cu2}	Sekonder sargı bakır ağırlığı
G _{fe}	Demir gövdenin ağırlığı
G _{fej}	Boyunduruk demir ağırlığı
f	Frekans
k _{cu}	Bakır doldurma faktörü
k	Akım yığılmasından kaynaklı direnç artırma faktörü
K _{yg}	Yüksek gerilim sargısı için izolasyon kalınlığı
K _{ag}	Alçak gerilim sargısı için izolasyon kalınlığı
L _s	Pencere veya bacak yüksekliği
L	Sargı yüksekliği
L _{m1}	Yüksek gerilim sargısının 1 turunun uzunluğu
L _{m2}	Alçak gerilim sargısının 1 turunun uzunluğu
M	Bacaktaki özgül demir kaybı

P_A	Alınan güç
P_V	Verilen güç
P_{tk}	Toplam kayıplar
P_{fe}	Demir kayıpları
P_{cu}	Bakır kayıpları
$P_{febacak}$	Üç bacağıın toplam demir kaybı
P_{cu}	Özgül bakır kaybı
P_{fe}	Özgül demir kaybı
p_{10}	Kayıp faktörü
p_i	Pi sayısı
q	Kesit
q_{fe}	Demir kesiti
q_{fej}	Boyunduruk bacak kesiti
r_1	Primer sargı direnci
r_2	Sekonder sargı direnci
S	Görünür güç
s	Akım yoğunluğu
w_1	Primer sargı siper sayısı
w_2	Sekonder sargı siper sayısı
Y_{y_0}	Trafo yıldız-yıldız bağlantı
ϵ	Kayıp oranı
ρ_0	Bakır özgül direnci
η	Verim
ϵ_2	İlave kayıp faktörü
ϕ	Manyetik akı
γ_{fe}	Demir özgül ağırlığı

ÖZET

DEĞİŞİK ÇALIŞMA KOŞULLARI İÇİN YERÇEKİMSEL ARAMA ALGORİTMASI İLE TRANSFORMATÖR VERİM OPTİMİZASYONU

Yalçın ALCAN
Düzce Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik- Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Doç. Dr. Ali ÖZTÜRK
Ağustos 2014, 65 sayfa

Teknolojinin hızla gelişmesi temiz, güvenilir ve sürekli enerjiye olan ihtiyacı da artırmıştır. Trafolar, elektrik enerjisinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında önemli bir yere sahiptir. Transformator verimlerinin çeşitli yüklenme durumlarında olabildiğince yüksek olması istenir. Bu çalışmada; Transformatorün farklı yüklenme durumlarına göre veriminin maksimum olduğu çalışma noktasının bulunması son zamanlarda geliştirilen optimizasyon tekniklerinden biri olan Yerçekimsel Arama Algoritması (YAA) ile gerçekleştirilmiştir. YAA, Newton'un hareket ve yerçekimi kanunlarına dayalı bir optimizasyon algoritmasıdır. Burada, modern bir optimizasyon yöntemi olan YAA ve Klasik Yöntem (KY) ile farklı güç ve yapılarıdaki transformatorlere uygulanmış ve verim optimizasyonu yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan YAA'nın transformator verim optimizasyonu için alternatif bir yöntem olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Transformator Verimi, Optimizasyon, Yer Çekimi Arama Algoritması

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF TRANSFORMER EFFICIENCY WITH GRAVITATIONAL SEARCH ALGORITHM FOR VARIOUS OPERATION CONDITIONS

Yalçın ALCAN

Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Electrical and Electronic Engineering

Master of Sciences Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK

August 2014, 65 pages

The rapid development of technology has increased the need to clean, reliable and continuous energy. Transformers are the prominent components of electrical energy at the stages of generation, transmission, distribution and consumption. It is desirable that the efficiency of transformers to be high as much as possible at various loading conditions. In this work, in order to obtain the maximum efficiency point of transformer at different loading conditions, Gravitational Search Algorithm (GSA), is used which is a novel optimization technique. GSA is an optimization algorithm based on Newton's motion and gravitation laws. Here, GSA method which is a modern method and classical method have been applied to transformers at various rated powers and structures and efficiency optimization has been done. From the results, it has been proved that GSA is an alternative method for transformer efficiency optimization.

Keywords: Transformer Efficiency, Optimization, Gravitational Search Algorithm

EXTENDED ABSTRACT

OPTIMIZATION OF TRANSFORMER EFFICIENCY WITH GRAVITATIONAL SEARCH ALGORITHM FOR VARIOUS OPERATION CONDITIONS

Yalçın ALCAN

Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Electrical and Electronic
Engineering

Master of Sciences Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK

August 2014, 65 pages

1. INTRODUCTION:

The rapid development of technology has increased the need to clean, reliable and continuous energy. Transformers, electric power generation, transmission, distribution and consumption has an important place in stages. Therefore it is desirable efficiency as high as possible. Heuristic algorithms for large- scale optimization problems, in an acceptable time algorithms that can provide near- optimal solutions. This is why optimization techniques are used in the solution of engineering problems. Except transformer optimization studies in analytical methods are very new. In addition, many of heuristic methods applied to transformers weight or outward appearance has been made to optimize. The literature has entered a new heuristic algorithm gravitational search on algorithm which has the equipments of ribs and energy transmission (transformers) has been successfully carried out the optimization of a different nature. Different types for different operating conditions are optimized efficiency in transformers.

2. MATERIAL AND METHOD:

In this thesis study, the Gravitational Search Algorithm (GSA) method is used. GSA is one of heuristic optimization methods. GSA, Rashedi and colleagues found by Newton's action and gravity law based on the optimization of algorithm. GSA, is a new search of algorithms has attracted the attention of researchers. Inspired by gravity and the laws of motion developed in GSA, has the ability to effectively calculation. GSA in the amount of bulk of each object refers to the performance. Every each bulk, has search of space by the force of gravity the pulls on other bulks. Thats show the interaction between bulks ensure. This force is for all bulks to the heaviest bulk provides movement. This is why the bulks move together in line of gravitational force. Along algorithm the heaviest bulk compared to the other bulks will move more slower and will pull the others to itself. At the end of the number repeating or at any time stopping the process of the object that has the most bulk is the ideal solution of the meaning.

3. RESULTS AND DISCUSSION:

In this study, oil type and dry type transformers according to different work situations performance problem is solved by gravitational search algorithm. Studies 100 kVA oil type transformer and 1,5 kVA dry type transformer performance to the point where maximum efficiency determination were investigated. Which was discovered by the gravitational search algorithm applied to optimization and performance parameters and suggests that an alternative method. Also before the transformer optimization studies for the design intended for weight, and cost reduction. This study literature has entered a new heuristic algorithm gravitational search algorithm which has the transmit of the ribs with the energy transmission equipment (transformers) has been successfully carried out the optimization.

4. CONCLUSION AND OUTLOOK:

In this study, heuristic search algorithm of the gravitational structure for transformers in different types and yield optimization was carried out in different loading conditions. Magnetic losses (hysteresis and fuko losses), electrical losses (copper losses) equal and / or the transformer to the load reaches the maximum value of the yield shows that. The efficiency increase of load ratio is longer, but does not change after a certain point this increase was seen. In subsequent studies by increasing the number of variables that can impact the efficiency transformer design optimization study can be generalized to be made. That minimizes the cost of quality and efficiency with high power transformer design software package can be prepared for transformers, increasing the quality of the materials used in the manufacture of technical and economic optimization of efficiency effect studies may be performed according showing variation.

1. GİRİŞ

Teknolojinin hızla gelişmesi temiz, güvenilir ve sürekli enerjiye olan ihtiyacı da artırmıştır. Transformatörler, elektrik enerjisinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında önemli bir yere sahiptir. Verim; tüm elektrik makinaları için önemli bir parametredir. Diğer elektrik makinaları gibi trafoların da verimlerinin olabildiğince yüksek olması istenir. Optimizasyon, en iyileme anlamına gelmektedir. Var olan bir sorun için, verilen kısıt altında tüm çözüm kümeleri arasından en iyi çözümü elde etme işidir. Özellikle çok değişkenli optimizasyon süreçlerinde, değişken sayısına ve veri tiplerine bağlı olarak problemlerin zorluk dereceleri de artabilmektedir. Bu tip problemlerin klasik optimizasyon yöntemleri ile çözümü, hem problemin yapısına bağlı olarak modellemede, hem de çözüm sürecinde zorluklar içermektedir. Yani bu tip çözüm yöntemleri daha ziyade problemlere özeldir ve problemin kesinlikle matematiksel fonksiyonlarla tanımlanma gerekliliği gibi birçok sakıncaya sahiptir. Bu güçlüklerin üstesinden gelebilmek için doğada var olan sistemleri ve olayları temel alarak oluşturulan sezgisel yöntemler geliştirilmiştir. Sezgisel algoritmalar, büyük boyutlu optimizasyon problemleri için, kabul edilebilir sürede optimuma yakın çözümler verebilen algoritmalarlardır. Optimizasyon teknikleri birçok mühendislik probleminin çözümünde kullanılmaktadır. Analitik Yöntemler haricinde trafolarla optimizasyon çalışmaları çok yenidir. Ayrıca trafolarla uygulanan sezgisel yöntemlerin birçoğu transformatörlerin ağırlık veya dış görünüşünü optimize etmek için yapılmıştır. Son zamanlarda klasik optimizasyon yöntemlerine ek olarak sezgisel optimizasyon yöntemleri, verilen şartlar altında en iyi, optimum, sonucu bulmak için geliştirilmiştir [1,2].

Bu tez çalışmasında değişik çalışma koşulları için farklı tip transformatörlerde verim optimizasyonu yapılmıştır. Çalışmada Yer Çekimsel Arama (YAA) yöntemi kullanılmıştır. YAA sezgisel optimizasyon yöntemlerinden biridir. YAA, Rashedi ve arkadaşları tarafından bulunan Newton'un hareket ve yerçekimi kanunlarına dayalı bir optimizasyon algoritmasıdır [3].

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde çalışmanın amacı hakkında bilgi verilmiştir. Tezin 2. Bölümünde literatürde yer alan transformatör tasarımı ile ilgili

alışmalar ve yer çekimsel arama yönteminin kullanıldığı çalışmalara değinilmiştir. Transformatörler ile ilgili temel kavramlar, transformatörlerin sınıflandırılması, kuru tip ve yağlı tip üç fazlı transformatörlerde verim hesapları bu bölümde yer verilmiştir.

3. Bölümde yer çekimsel arama optimizasyonu yöntemi anlatılmıştır. 4. Bölümde 1,5 kVA' lık kuru tip bir transformatörün ve 100 kVA' lık yağlı tip transformatörün matematiksel modeli çıkarılarak, transformatör verim optimizasyonu yer çekimsel arama optimizasyonu yöntemi ile yapılmıştır. 5. Bölümde ise Klasik Yöntemin sonuçları ile yer çekimsel arama optimizasyonu yönteminden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

Bilindiği gibi trafolar elektriğin taşınmasında kaburga niteliğinde olan elektrik makinalarıdır. Girişlerine uygulanan enerjinin büyük kısmını, niteliğini değiştirmeden, minimum düzeyde kayıpla elektrik enerjisi olarak çıkışlarına iletirler. Elektrik enerjisinin günümüz koşullarında ki önemli oluşundan transformatörlerin önemi daha da artmaktadır. Transformatörler üzerinde yapılan çoğu çalışmaların ana başlığı optimum boyut, ağırlık, maliyet için en iyi çalışma koşullarını belirlemek üzerinedir. Bunun için daha önce analitik yöntem olarak adlandırdığımız zaman alıcı ve aşamalı hesaplamalar yerine yakın zamanda zme yakın diyebileceğimiz sezgisel algoritmalarla optimizasyon çalışmaları giderek artmaktadır.

Schneider ve Hoad, dağıtım transformatörlerin boyutlandırılmasında hem ısı hem de ekonomik kısıtlamaları göz önüne alarak bir model sunulmuştur [4].

Sim ve diğ. Genetik Algoritma (GA) kullanılarak Daimi Mıknatıslı Senkron Motor verimliliği en süt düzeye çıkarmak için en uygun tasarım yöntemini sunulmuştur [5].

Hui ve diğ. g transformatörlerin optimum tasarımı için geliştirdikleri genetik algoritma tabanlı araştırma ve uygulamalarında g transformatörlerin tasarımında hassas zm üretildiği görülmüştür [6].

Amoirals ve diğ. trafo boyutları optimum seçimi için Karınca Kolonisi Algoritması ile zm önermişler ve çalışmalarıyla hem enerji kaybı hem de trafo maliyeti düşürülmüştür [7].

Çelebi [8-10], yaptığı farklı çalışmalarında GA ve Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY) ile trafolarla maliyet-ağırlık optimizasyonu yapmış, trafo veriminin nesil sayısına bağlı olarak değişimi de grafiklerle göstermiştir.

Rao ve Hasan, doğrultucu güç trafosu tasarımında GA'nın Tavlama Benzetimi yöntemine göre üstün olduğu kanıtlanmıştır [11].

Zhang ve diğ. ayırık, çok değişkenli, doğrusal olmayan, çok amaçlı karma genel bir GA elde edebilmek için Kaos Teoremi ve GA birleştirerek transformatörün optimum tasarımı gerçekleştirilmiştir [12].

Amoirals ve diğ. transformatör tasarım optimizasyonu konusunda çalışacak araştırmacılar için geniş bir literatür taraması yapılmıştır [13].

Khawaja ve diğ. yüksek frekansta çalışabilen bir dağıtım transformatörün çalışma frekansını yükselterek optimum tasarımını gerçekleştirmişlerdir. Bu tasarım sonunda yaklaşık olarak transformatör boyutunda % 43 bir azalma oluşmuştur [14].

Hasmat ve diğ. transformatör optimizasyonun da çekirdek nüve toplam bobin kütesini bulanık mantıkla formüle ederek etkili ve güvenilir bir çözüm elde edilmiştir. Bu da transformatör optimizasyonunda bulanık mantık kullanımı başarılı ile sonuçlanmıştır [15].

Zhao ve diğ. genetik algoritma kullanarak transformatörlerin optimum tasarımı için Microsoft Visual C++ (VC++) ve MATLAB programlarıyla yazılım yapılmıştır [16].

Smolka ve Andrzej, kuru tip transformatörler soğutma kanallarının şekillerini hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve GA kullanılarak optimize edilmiştir [17].

Öztürk ve diğ. yağlı tip trafoda ağırlık optimizasyonu farklı sezgisel algoritmalar kullanarak yapılmış, çalışmalarında verim incelenmiştir [18].

Khatri ve diğ. uluslararası standartların güç trafosu özelliklerine dayattığı kısıtlamaları, toplam maliyeti minimize etmek için GA ve Tavlama Benzetimi yöntemi kullanılmıştır [19].

Demir ve diğ. kuru tip kuru tip transformatörler, Parçacık Sürü Algoritması kullanılarak optimize edildiklerinde enerji ve maliyet tasarrufu sağladığı gösterilmiştir [20].

Tosun ve diğ. kuru tip trafolarında ağırlık optimizasyonu Tabu Arama Algoritması kullanılarak optimize edildiklerinde, daha az nüve ve demir kaybı olarak, enerji ve maliyet tasarrufu sağladığı gösterilmiştir [21].

Fouzai ve Zouaghi, güç trafosu maliyetinin minimize etmek için Karınca Kolonisi Algoritması ile optimizasyonu yaparak geleneksel tasarım teknikleri ile karşılaştırılmıştır [22].

Bu çalışmada; modern bir optimizasyon yöntemi olan YAA ve Klasik Yöntem (KY) ile farklı güç ve yapılarıdaki transformatörlere uygulanmış ve verim optimizasyonu yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan YAA'nın transformatör verim optimizasyonu için alternatif bir yöntem olduğu anlaşılmıştır.

2.1. TRANSFORMATÖRLER HAKKINDA TEORİK BİLGİ

Türkçemize Fransızca'dan girmiş olan transformatör sözcüğü "dönüştürücü" anlamına gelmektedir. Transformatörün temel çalışma ilkesi elektromanyetik indükleme olayına dayanmaktadır. 1831'de yaptığı deneyler ile Michael Faraday keşfetmiştir [23].

Faraday demir bir halkanın çevresine iki yalıtkan tel sarmış sargılardan birinin uçlarını güçlü bir bataryaya, ötekini uçlarını da elektrik akımının algılanmasında kullanılan galvanometreye bağlamıştır. Faraday ne zaman bataryayı devreye alsın ya da devreden çıkarsa galvanometrenin göstergesinin hafifçe oynadığını, yani ikinci sargıdan anlık bir akım geçtiğini saptamıştır; buradan kalkarak ilk sargının ikincisinde anlık bir akım indüklediğini düşünmüştür.

Ayrıca, ikinci sargıdaki akım ancak birinci sargıdaki akımın değişmesi durumunda indüklendiğini bu akımın değişim göstermeden kesintisiz biçimde akması durumunda, ikinci sargıda herhangi bir değişim olmadığını görmüştür. Faraday'ın belirlediği bu olgu bütün transformatörlerin dayandığı ana ilkedir. Elektromanyetik indükleme olarak adlandırılan bu olgu şöyle açıklanabilir: Batarya devreye alındığı zaman, birinci sargının çevresinde bir manyetik alan ikinci sargıyı da etkiler. Eğer değişim halindeki bu manyetik alanın yakınında bir tel varsa, bu değişim telden bir elektrik akımının

akmasına neden olur. Bu nedenle birinci sargıda bir elektrik akımı oluşur. Tıpkı bunun gibi, transformatörün bir bobini bir alternatif akım kaynağına bağlandığı zaman, akımdaki hızlı yön değişimleri sürekli olarak değişen bir manyetik alan ve böylece, ikinci bobinin uçları arasında değişken bir gerilim yaratır. 19.uncu ve 20.nci yüz yıllarında geliştirilerek, günümüzde de birçok alanda kullanılmaya devam edilmektedir.

2.2. TRANSFORMATÖRLERİN ÖNEMİ

Enerji santrallerindeki üreteçlerin ürettiği elektrik akımının şiddeti yüksek, gerilimi düşüktür. Elektrik enerjisinin en önemli özelliği üretildiği yerden uzak mesafelere taşınabilmesidir. Santrallerde elde edilen yüksek voltaj, tüketim bölgelerinde düşük voltaja çevrilir [24]. Eğer yüksek voltaj değerleriyle doğrudan evlere ve sanayi kuruluşlarına iletilmesi durumunda, bu hatları izole etmek büyük önem taşıyacak ayrıca taşıma tellerin kalın olması gerekir ve bu da maliyet artıracaktır. Eğer elektrik uzun mesafelere yüksek gerilim ve düşük akım şiddetinde gönderilirse, enerji iletim hatlarındaki dirençten kaynaklanan ısınmadan dolayı enerji kaybı daha düşük olacaktır. Bu nedenle enerji santrallerinde elde edilen elektrik akımı, enerji iletim hatlarına verilmeden önce yükseltici transformatörlerle yeteri kadar yükseltilip akımın şiddeti düşürülmektedir [25].

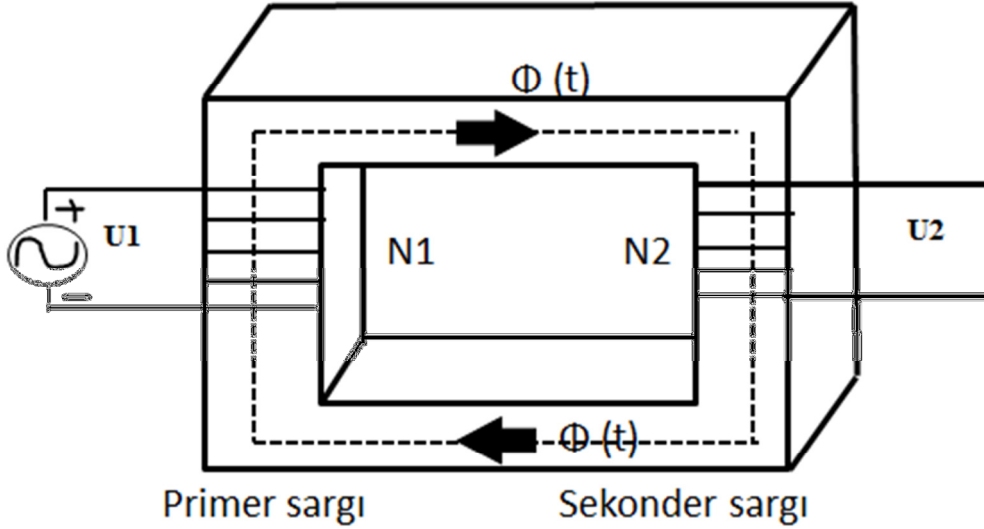
Transformatörler, gerilim bakımından da kullanım alanları çok geniş ve enerji iletiminde rolleri büyük teçhizattır. Santrallerde üretilen ve enerji iletim hatları boyunca yer alan elektrik dağıtım istasyonlarındaki gerilim düşürücü transformatörlerde gerilim, ağır sanayi, elektrikli demir yolları, hafif sanayi, hastaneler, mağazalar ve evlerde istenen çeşitli düzeylere göre bir kaç kez düşürülür. Bu ihtiyaçları karşılamak için transformatörler kullanılmaktadır.

2.3. TRANSFORMATÖRÜN TANIMI VE TEMEL YAPILARI

Genel anlamda transformatörler, verimleri oldukça yüksek hareketli parçası olmayan ve belirli bir gerilimdeki elektrik enerjisini diğer bir gerilimdekine çevirmeye yarayan elektrik makinalarıdır [26].

Elektrik enerjisi parametrelerini değiştiren statik elektromanyetik elemandır [27]. Başka ifade şekillerinde:

Transformatörler; hareketli parçası olmayan, girişlerine uygulanan enerjinin, niteliğini değiştirmeden yine elektrik enerjisi olarak çıkışlarına ileten elektrik makinalarıdır [28].

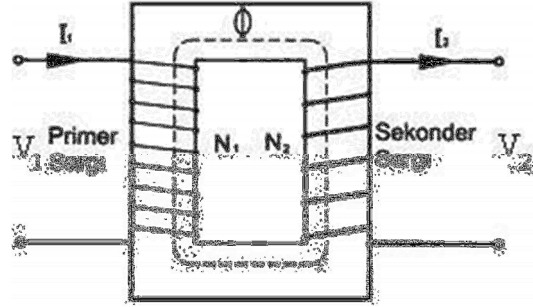


Şekil 2.1. Transformatörün yapısı.

Elektromanyetik indüksiyon yolu ile frekansta değişiklik yapmadan gerilim ve akım değerlerini ihtiyaca göre bir oran dâhilinde değiştiren makinelere transformatör denir. Transformatörlere kısaca trafoda denilmektedir [29]. Transformatörler demir nüve ve iletken sargılar olmak üzere iki kısımdan oluşur. Demir nüve birer yüzleri yalıtılmış 0,30-0,50 mm kalınlığında özel silisli saclardan yapılır. Transformatörlerin demir nüveleri tek parça olarak yapılmaz. Çünkü demir de bir iletkenidir ve içerisinde geçen manyetik alan etkisiyle demir içerisinde de indüksiyon akımları oluşur ve bu akımlar demir nüvede ısınmalara neden olur. Birbirinden yalıtılmış ince silisli saclar bu indüksiyon akımlarını mümkün olduğunca küçük hacimlere bölerek en aza indirir.

Transformatörlerde nüve üzerine sarılan iki ayrı sargı bulunur. Bu sargılardan birinciye primer denir ve gerekli değerdeki alternatif akım kaynağına bağlanır. Alternatif akım elektrik enerjisinin primere göre değişik değerde alındığı ikinci devre sargısına ise sekonder denir [30-31]. Primer sargı ve sekonder arasında hiçbir elektriksel bağlantı yoktur. Sargıları üzerinde taşıyan kısma ayak denir. Bunları birleştiren üst ve alt bağlantı kısmına ise boyunduruk denir.

2.4.TRANSFORMATÖRÜN ÇALIŞMA PRENSİBİ



Şekil 2.2. Transformatörün çalışma prensibi.

Primer sargılarına alternatif bir gerilim uygulandığında, bu sargı değişken bir manyetik alan oluşturur. Bu alan, üstünde sekonder sargının da bulunduğu manyetik nüve üzerinden devresini tamamlar. Primere uygulanan alternatif gerilimin zamana bağlı olarak her an yön ve şiddeti değiştiğinden, oluşturduğu manyetik alanında her an yön ve şiddeti değişir. Bu alanın sekonder sargılarını kesmesi ile bu sargılarda alternatif bir gerilim endüklenir. Böylelikle manyetik endüksiyon yolu ile sekonder sargılarında bir gerilim oluşmuştur [32-33].

Transformatörün primer sargılarına doğru gerilim uygulandığında, demir nüve üzerinde gene bir manyetik alan oluşur. Ancak bu manyetik alan, sabit bir alandır. Bu alanın yönü ve şiddeti değişmediğinden sekonder sargılarında bir elektro- motor- kuvvet (emk) indüklenmez. Çünkü endüksiyon kurallarına göre, değeri değişen manyetik alanlar tarafından etkilenen sargılarda endüksiyon gerilimleri oluşabilir. Doğru akımın verilmesi ve kesilmesi sıralarında sekonderde endüksiyon gerilimleri görülebilir. Ancak manyetik alanın değişimi söz konusu olmadığı için transformatörler doğru akımlarda kullanılmaz.

2.5. TRANSFORMATÖRLERİN SINIFLANDIRILMASI

Transformatörler çeşitli özellikleri göz önüne alınarak sınıflandırılırlar [34].

- 1) Manyetik nüvenin yapılış şekline göre:
 - a) Çekirdek tipi,
 - b) Mantel tipi,
 - c) Sarmal tipi,
 - d) Amorf nüveli,
 - e) Ferit nüveli.
- 2) Kuruluş- Kullanıldığı yere göre:
 - a) İç tip (yapı içi veya dahili tip),
 - b) Dış tip (yapı dışı veya harici tip).
- 3) Çalışma biçimine göre:
 - a) Ayrı (yalıtılmış) sargılı,
 - b) Oto trafosu
 - c) Gerilim ekleyici.
- 4) Soğutma cinsine göre:
 - a) Hava ile soğutma (yağsız olandır).
 - b) Yağ ile soğutma.
- 5) Kullanış amacına göre:
 - a) Güç transformatörleri
 - b) Ölçü transformatörleri
- 6) Sargıların sarılış şekline göre:
 - a) Silindirik sargılı,
 - b) Dilimli sargılı,
 - c) Levha (şerit) sargılı.
- 7) Gerilim ayar sistemine göre:
 - a) Gerilimi boşta ayarlanan,
 - b) Gerilimi yükte ayarlanan.
- 8) Yağ deposu sistemine göre:
 - a) Genleşme depolu,
 - b) Genleşme deposuz,
 - c) Hermetik tip trafolar.

Ayrıca güç- dağıtım- şebeke- doğrultmaç- televizyon ve radyo devrelerinde ve benzeri yerlerde kullanılan transformatörler vardır.

2.6. TRANSFORMATÖRÜN ÇEŞİTLERİ

Bir transformatörün çıkış gerilimi giriş geriliminden yüksek ise yükseltici, düşük ise düşürücü transformatör olarak adlandırılır [35].

İletim transformatörleri büyük güçlüdürler (MVA) ve çok yüksek gerilimin uzaklara iletilmesinde gerilimi yükseltirler. Ara istasyon trafoları ise gerilimi orta seviyelere düşürmek için kullanılırlar. Dağıtım transformatörleri ise orta seviyelerdeki gerilimleri daha alt orta seviyelere düşürmek için kullanılırlar ve büyük güçtedirler.

Güç (kaynağı) transformatörleri, elektronik devrelerde kullanılır ve farklı tipleri vardır.

Oto transformatörlerinde normal trafolardan farklı olarak tek sargı mevcuttur. Bu sargı hem primer hem de sekonder sargı görevini yapar. Oto transformatörlerinde birçok uçlar dışarı çıkartılarak çeşitli gerilim seviyeleri elde edilebilir. Oto transformatörleri, genellikle düşük güçlü uygulamalarda kullanılır.

Ses (audio) frekansı 20 kHz'e kadar transformatörleri, ses frekansı yükseltici devresi çıkış veya girişinde veya yükselticiler arasında empedans eşlemesi için kullanılır.

Kontrol transformatörleri, düşük güç veya VA değerlerinde sabit gerilim veya sabit akım gerekli devrelerde, elektrik sisteminde değişik noktalarda gerilim genliği ve fazında istenen düzenlemeleri sağlamak için kullanılır.

Ölçü tipi transformatörler sistemin yüksek enerjili kısmı ile ölçü aletleri ve elemanları (ampermetre, voltmetre, wattmetre ve röleler gibi çeşitli koruma amaçlı kullanılan aletler) arasında güvenli bir bağlantının olması ve yüksek gerilim ve akımların izlenmesi için kullanılır.

2.7. TRANSFORMATÖRDE POLARİTE

Transformatörlerin sargılarında indüklenen gerilimlerin ani yönlerini veya sargı uçlarının işaretlerinin belirtilmesine polarite denir [29].

Transformatörlerin primer ve sekonder sargılarının her iki uçları, alternatif gerilimin frekansına bağlı olarak zaman zaman işaret değiştirir. Transformatörlerin birbiri ile paralel bağlanmasında veya çeşitli sargıların kendi aralarında bağlanmalarında transformatörün hangi ucunun hangi işareti taşıdığına bilinmesi gereklidir ki bağlantılar buna göre yapılsın.

Sargılarının polaritenin bilinmesi, transformatörlerin birbiri ile paralel bağlanmasında veya çeşitli sargıların kendi aralarında bağlanmalarında büyük kolaylıklar sağlar.

2.8. TRANSFORMATÖRLERİN PARALEL ÇALIŞMASI

Elektrik üretim santrallerinde ve trafo merkezlerinde enerjinin sürekliliğini sağlamak, artan yük talebini karşılamak, transformatörlerin periyodik bakımı veya arıza durumlarında yedekte bulunan transformatörleri devreye alabilmek için transformatörler kendi aralarında paralel bağlanırlar. Yük azalması durumunda ise paralel bağlı durumda olan trafolardan bazılarını devreden çıkartılarak en verimli çalışma sağlanmaya çalışılır.

Elektrik şebekelerinde transformatörler çoğu kez yüke bağlı olarak paralel çalıştırılmaktadırlar. Bunun için aynı yerde bulunan transformatörler ortak bir baradan, birbirinden uzakta olan trafolar ise enterkonnekte bir sistem ile paralel bağlanabilirler.

Paralel çalışacak transformatörlerin artan veya azalan yük durumuna göre uygun bir şekilde yüklenebilmeleri çok önemlidir. Bunun için paralel bağlanacak transformatörlerde bazı koşullar gerekmektedir. Koşulların sağlanmaması durumunda transformatörler paralel bağlanamazlar.

Transformatörlerin paralel çalışmasında istenilen koşullar kısaca şöyledir:

1. Paralel çalışan transformatörlerin boşta, sekonder sargılarından akım geçişi olmamalıdır.

2. Transformatörlerin güçleri, taşıyacağı yüklerle orantılı olmalıdır.
3. Paralel çalışan transformatörlerin sekonder akımları dolayısıyla toplam yük akımı aynı fazda olmalıdır.
4. Paralel çalışan transformatörlerin kutuplaşmaları aynı olmalıdır.

Yukarıda istenen durumların gerçekleşmesi için paralel bağlanacak transformatörlerde ve paralel bağlama sırasında bazı koşullar gereklidir. Bunlar:

1. Transformatörlerin boştaki primer ve sekonder gerilimleri birbirine eşit olmalıdır.
2. Normal çalışma anında yükündeki kısa devre gerilimleri (U_k) birbirine eşit veya % 10 dan fazla fark olmayacak şekilde çok yakın olmalıdır.
3. Transformatörlerin güçleri birbirine eşit veya yakın olmalıdırlar.
4. Paralel bağlantıyı gerçekleştirmek için, transformatörlerin sekonder sargılarının aynı kutup uçları birbirine bağlanmalıdır.

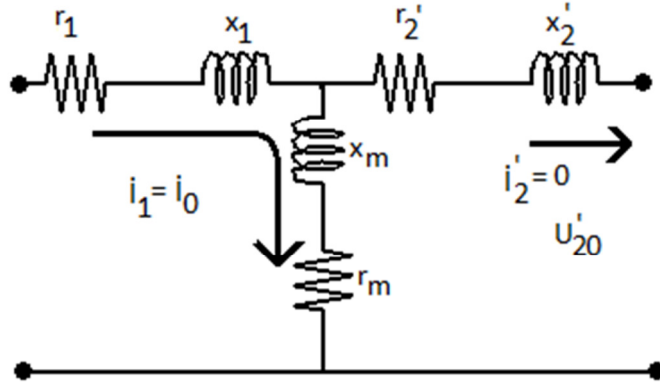
2.9. TRANSFORMATÖRLERİN KAYIPLARI

Bütün elektrik makinelerinde olduğu gibi transformatörlerde kayıplar mevcuttur. Bunlar:

1. Transformatörlerin demir aksamında oluşan kayıplar (yüksüz kayıplar),
2. Transformatörlerin bakır kayıpları (yükteki kayıplar),

Transformatörlerin döner parçaları olmadığı için verimleri yüksektir. Ayrıca sürtünme ve rüzgâr kaybı gibi mekanik kayıpları yoktur. Demir kayıpları transformatörün boşa çalışma deneyi ile bulunurken bakır kayıpları kısa devre deneyi ile bulunmaktadır.

2.9.1. Yüksüz Kayıplar (Boştaki Kayıplar)

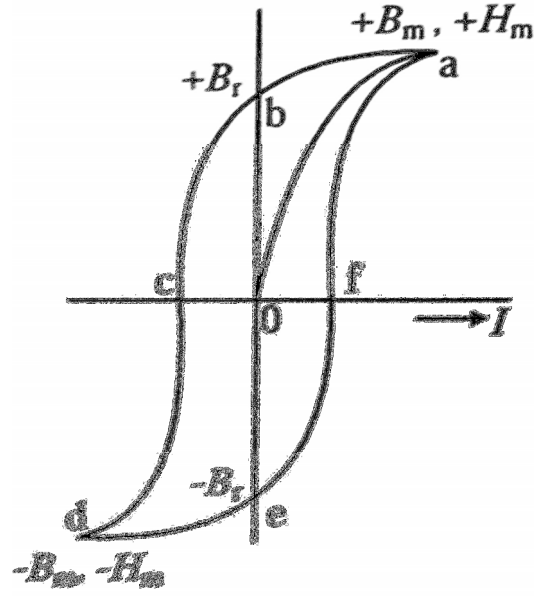


Şekil 2.3. Boşta çalışma durumunda transformatörün eşdeğer şeması.

Transformatörün primer sargısı şebekeye bağlı durumda ve sekonder sargılarının uçların bağlı değilken, bu durumda sekonder sargılarından akım geçmeyecektir. Transformatörün böyle çalışmasına boşta (yüksüz) çalışma denir [26]. Boşta çalışma durumunda trafolarla çok küçük akımların oluşturduğu bakır kayıpları dikkate almazsak, yüksüz çalışma durumunda sadece demir kayıpları oluşmaktadır. Demir kayıplarına nüve veya çekirdek kayıpları da denilmektedir. Transformatörlere uygulanan gerilim ve frekans değişmediği sürece demir kayıpları sabit kalır. Demir kayıplarını: Histerisis ve Fuko Kayıpları olarak ikiye ayrılmaktadır.

2.9.1.1. Yüksüz Kayıplardaki Histerisis Kayıpları

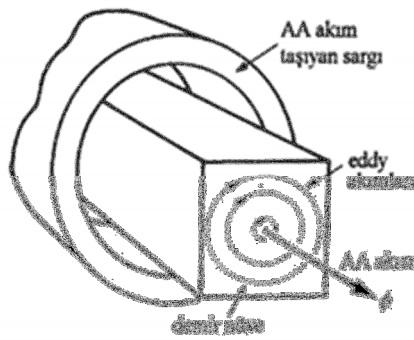
Bilindiği gibi, transformatörler ve çoğu elektrik makinaları alternatif akımla (AC) çalışmaktadır. Bu makinalarda, demir nüvedeki manyetik akının değeri ve yönü frekansa bağlı olarak sürekli değişir. Eğer manyetik akı frekansı 50 Hz ise manyetik düzlem her saykılını 1/50 saniyede tamamlar. Demir nüveye uygulanan AC her bir saykılı boyunca nüve moleküllerin yön değiştirmesi için harcanan enerjiye histerisis kayıpları denir. Bu kayıplar transformatörlerde ısı şeklinde ortaya çıkarlar. Isı enerjisinin miktarı histerisis eğrisinin alanı ile doğru orantılıdır. Bu kayıpları azaltmak için silisli çelik gibi manyetik malzemeler kullanılır. Histerisis kayıplar sabit bir manyetik alan içinde dönen demir parçasında oluşmaktadır [36].



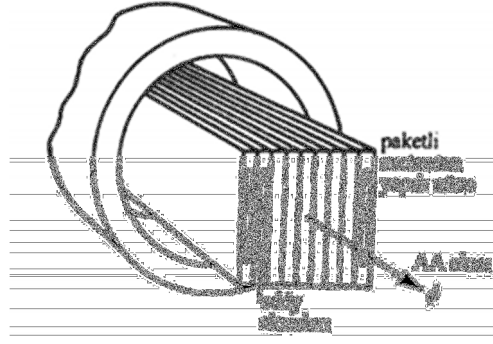
Şekil 2.4. Histerisis eğrisi.

2.9.1.2. Yüksüz Kayıplardaki Girdap (Fuko) Akım Kayıpları

Fuko yada Edyy kayıpları olarak da bilinen girdap akımları, AC yada zamanla değişen alanların olduğu durumlarda malzemede yada nüvede ısı şeklinde ortaya çıkan kayıplardır. Faraday yasasına göre, zamanla değişen bir alan içerisinde bulunan çekirdek etrafına sarılı sargılarda bir gerilim indüklenir. Bu gerilim şekildeki gibi nüve içerisinde halka şeklinde gezinmesine neden olur.



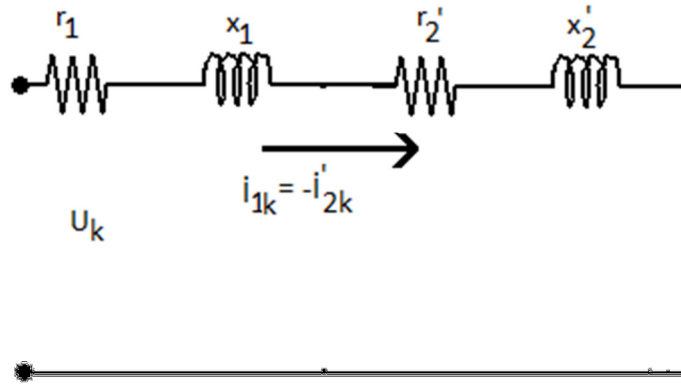
Şekil 2.5. Blok demir nüvedeki eddy akımları.



Şekil 2.6. Paketli saclardan yapılmış nüvedeki eddy akımları.

Meydana gelen girdap akımları manyetik alan frekansında olacağından elektronların birbirlerine sürtünmesi sonucu moleküller ısınır. Meydana gelen girdap akımları manyetik alanın frekansı dışında malzemenin cinsi, yapısı ve boyutlarına bağlıdır. Girdap akımları yalnızca malzemenin ısınmasına değil aynı zamanda kendisini oluşturan alana ters yönde olacağından manyetik alanın zayıflamasına neden olurlar.

2.9.2. Yükteki Kayıplar



Şekil 2.7. Transformatörün kısa devre deneyi eşdeğer devresi.

Transformatörün ikinci devresine bir yük bağlandığı zaman, hem primer hem de sekonder sargılarında bir akım geçer. Bu akımlar sargı direncinde dolayı ($I^2 * R$) şeklinde bir ısı kaybı meydana gelir. Bu kayıplara bakır kayıpları da denilmektedir [37]. Bu kayıplar ısı şeklinde görülmektedir. Diğer bir adı da Joule kayıplarıdır. Bu kayıplar yüklenme durumuna göre değişen kayıplardır. Transformatörlerin bakır kayıpları, kısa devre deneyi ile bulunur.

2.10. TRANSFORMATÖRLERDE VERİM

Diğer elektrik makinelerinde olduğu gibi verim, ikinci sargı tarafından alınan faydalı gücün (P_2) birinci taraf sargısına uygulanan güce oranı şeklinde bulunur.

$$\eta = \frac{P_{alınan}}{P_{verilen}} = \frac{P_2}{P_1} \text{ şeklinde ifade edilir.} \quad (2.1)$$

Transformatörde oluşan kayıplar nedeniyle $P_A < P_V$ dir. Ayrıca trafoların güçleri büyüdükçe verimleri de artacaktır. Transformatörlerde, demir kayıpları boшта ve yükte değişmemektedir. Ancak bakır kayıpları yüklenme durumuna göre değişeceğinden verim de yüke göre değişmektedir.

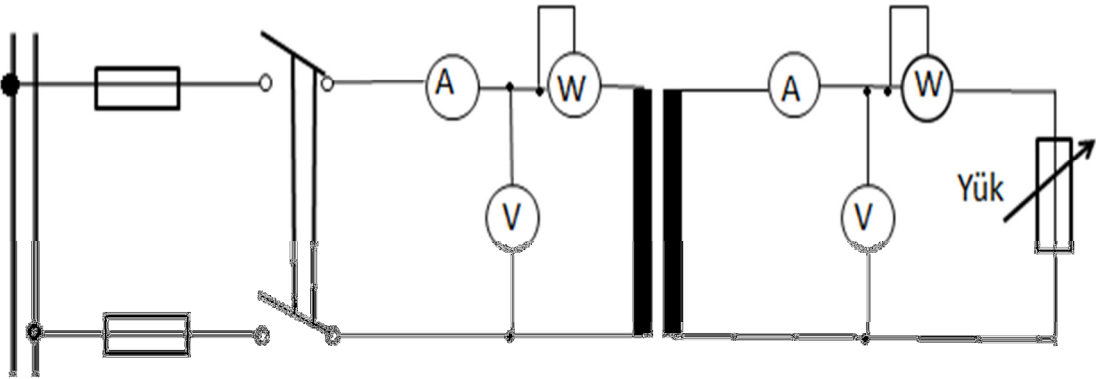
2.10.1. Verimin Bulunması

Transformatörlerde verimin bulunması iki şekilde yapılır.

1. Direkt yolla verimin bulunması,
2. Endirekt yolla verimin bulunması şeklindedir.

2.10.1.1. Direkt yolla verimin bulunması

Bu method daha çok küçük güçlü transformatörler için kullanılır.



Şekil 2.8. Transformatör veriminin direkt metotla bulunması için gerekli bağlantı.

Bağlantı yapılarak primer ve sekondere bağlanan wattmetrelerde anma yükünde okunan değerlerden;

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_A}{P_V} \text{ şeklinde verim bulunur.} \quad (2.2)$$

2.10.1.2. Endirekt yolla verimin bulunması

Endirekt yolla verimin bulunması, büyük güçlü transformatörlerde uygulanır. Bunun için boşa çalışma deneyi ile transformatörlerin demir kayıpları; kısa devre deneyi ile de bakır kayıpları bulunur.

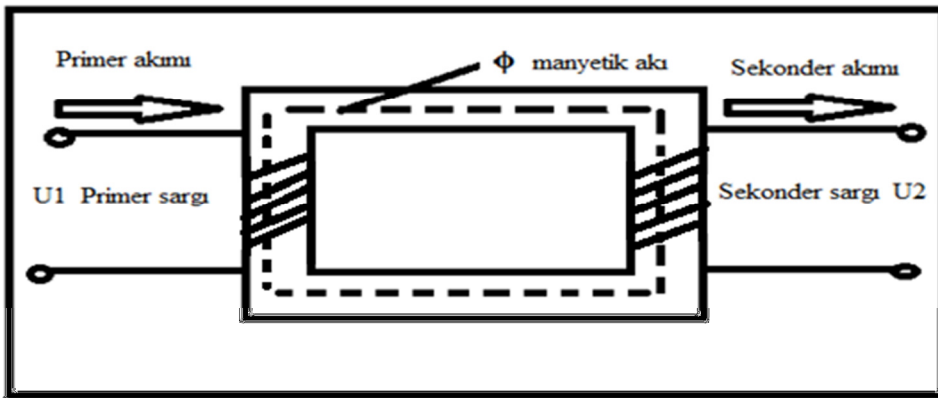
$$\text{Bunlar toplanarak } P_{tk} = P_{fe} + P_{cu} \text{ hesaplanır.} \quad (2.3)$$

Hangi metotla bulunmuş olursa olsun, toplam kayıplar bulunduktan sonra verim eşitlik 2.4' deki gibi hesaplanır.

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{tk}} \text{ olarak verim bulunur.} \quad (2.4)$$

2.11. BİR FAZLI TRANSFORMATÖRLER

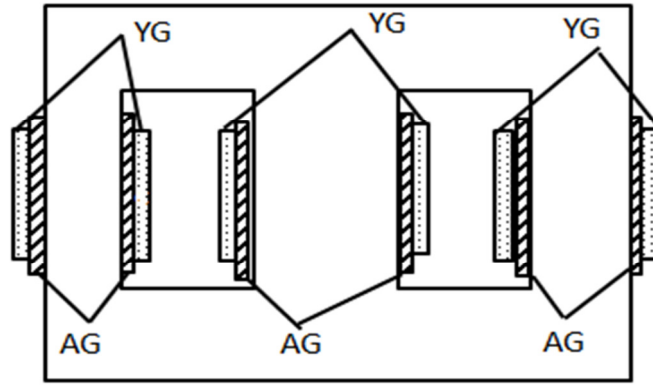
Sadece bir fazlı iki sargılı beslenen transformatörlerdir. Şekil 7' de bir fazlı çekirdek tipi demir nüveli transformatörün prensip şeması gösterilmiştir. Genellikle küçük güçlü uygulamalarda kullanılmaktadır. 220 volt olan şebeke geriliminin tehlikesini azaltmak için uygun bir değere (12-24 volt) gibi düşük gerilimlere düşürülmesinde rol alırlar.



Şekil 2.9. Bir fazlı transformatörün prensip şeması.

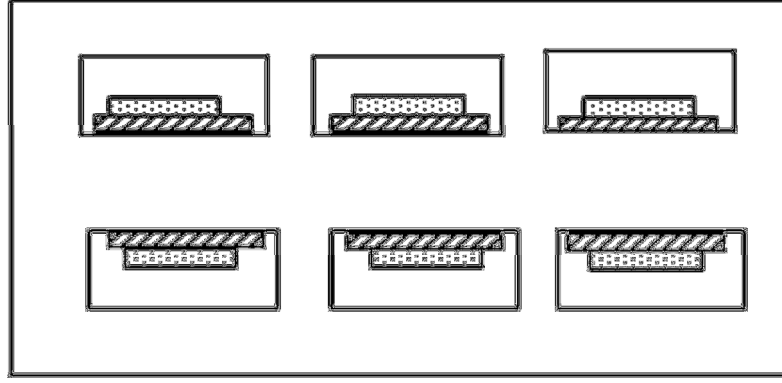
2.12. ÜÇ FAZLI TRANSFORMATÖRLER

Bilindiği gibi, üç fazlı alternatif akım sistemi aralarında 120° faz farkı bulunan üç ayrı fazdan oluşmaktadır. Üç adet aynı özellikteki ayrı bir fazlı transformatörlerin primer ve sekonder sargılarını yıldız veya üçgen bağlayarak üç fazlı trafo yapılabilir. Sargıların bulunduğu aynı ayak aynı düzleme getirilecek olursa üç bacaklı çekirdek tipi transformatör oluşur. Manyetik demir nüve genellikle çekirdek ve mantel tipinde imal edilir [38].



Şekil 2.10. Simetrik olmayan üç fazlı çekirdek tipi transformatör.

Çekirdek tipi transformatörler, simetrik olanlar ve simetrik olmayanlar diye ikiye ayrılırlar. Üç fazlı simetrik çekirdek tipi transformatörlerde her bakımdan bütün fazlar simetriktir. Demir yolları da birbirine eşittir ve dolayısıyla mıknatıslanma akımları da eşittir. Simetrik çekirdek tipi trafolar seri imalata elverişli olmaması bir dezavantaj olarak görülebilir. Onun yerine imalatları kolay ve daha ucuz olan pratikte kullanım alanları daha fazla olan simetrik olmayan çekirdek tipli transformatörler kullanılmaktadır. Bu trafoların orta faza ait demir yolunun diğer fazlarınkinden kısa oluşundan dolayı simetrik değildirler. Her bir bacak bir faza ait primer ve sekonder sargılarını bulundurmaktadır. Bu tip trafolarla fazların magnetik devreleri birbirlerinden bağımsız değildir. Bu tip transformatörler daha yüksek gerilimli, büyük güçlü transformatörlerde kullanılır.



Şekil 2.11. Üç fazlı mantel tipi transformatör.

Manyetik devre, sargıları kuşatacak şekilde yapılmışsa, bu tip trafolarla “ mantel tipi” transformatörler denir. Bu tip Mantel tipi transformatörlerde her faz için iki pencere, iki boyunduruk ve üç adet bacak bulunur. Üç tane bir fazlı mantel tipi transformatörün bir araya gelmesinden meydana gelmektedir. Mantel tipi üç fazlı transformatörün ortada bulunan ayaklarının kalınlığı yanlarda bulunan ayaklarını kalınlığının iki katıdır. Bundan dolayı fazların manyetik devreleri birbirine göre simetrik ve bağımsızdır. Bu tip transformatörler daha çok düşük gerilimli, küçük güçlü transformatörlerde kullanılır.

2.13. KENDİ KENDİNE SOĞUYAN YAĞLI TİP TRANSFORMATÖRLERİN VERİM HESABI

Hesabı yapılacak transformatör üç fazlı çekirdek tipi olup aşağıdaki özelliklerde olacaktır [26].

Transformatörün gücü: $S_2= 100$ kVA

Üst ve alt gerilimler: $U_1/U_2= 20000/231$ Volt

Bağlama grubu Yy_0 (yıldız-yıldız)

Frekans: $f= 50$ Hertz

Güç faktörü $\cos\phi_2= 1$

Transformatörün kısa devre gerilimi ve kayıpları için özel koşullar konulmamıştır. Hesaplar normal transformatörler için var olan cetvellerden alınmıştır [26].

Çizelge 2.1’ de transformatörlerin soğutma şekline, çalışma şekline göre seçilen akım yoğunlukları verilmektedir. Buradan seçilecek akım yoğunlukları ile akım şiddetlerinden primer ve sekonder iletken kesitleri hesaplanmaktadır.

Çizelge 2.1. Bakır sargılarında kullanılan akım yoğunluğu değerleri.

Soğutma şekli	Akım yoğunluğu (s) amp / mm ²
Hava ile soğutulan transformatörlerde	1,7- 2,0
Kendi kendine soğutulan yağlı transformatörlerde	2,2- 3,5
Sun’i olarak soğutulan transformatörlerde	3,5- 5,0

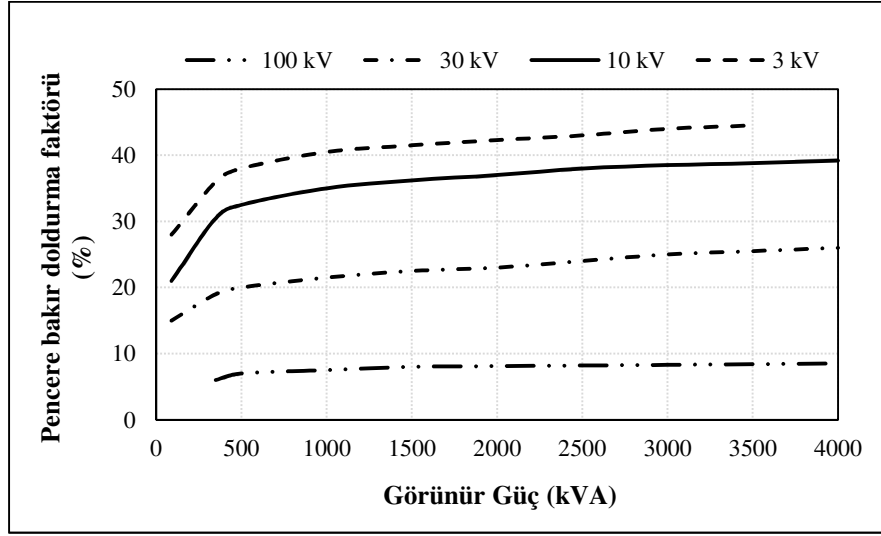
Çizelge 2.2’ de çekirdek tipi transformatörlerin gücüne bağlı olarak seçilecek özgül amper- iletken sayısının değerleri verilmiştir [26]. Özgül amper- iletken sayısının seçilmesinde kısa devre gerilimine bakılmalıdır. Çizelge 2.2’ den seçilecek değer eşitlik 2.17’ de yerine yazılarak pencere veya bacak yüksekliği (L_s) bulunmuş olur.

Çizelge 2.2. Çekirdek tipi transformatörlerin güce bağlı olarak verilmiş özgül amper – iletken sayısı değerleri yağla soğutulan çekirdek tipi transformatörler.

S (kVA)	50	100	200	300	500	1000	2000	3000	5000
As/A (cm)	330	440	540	600	68	800	930	1000	1100

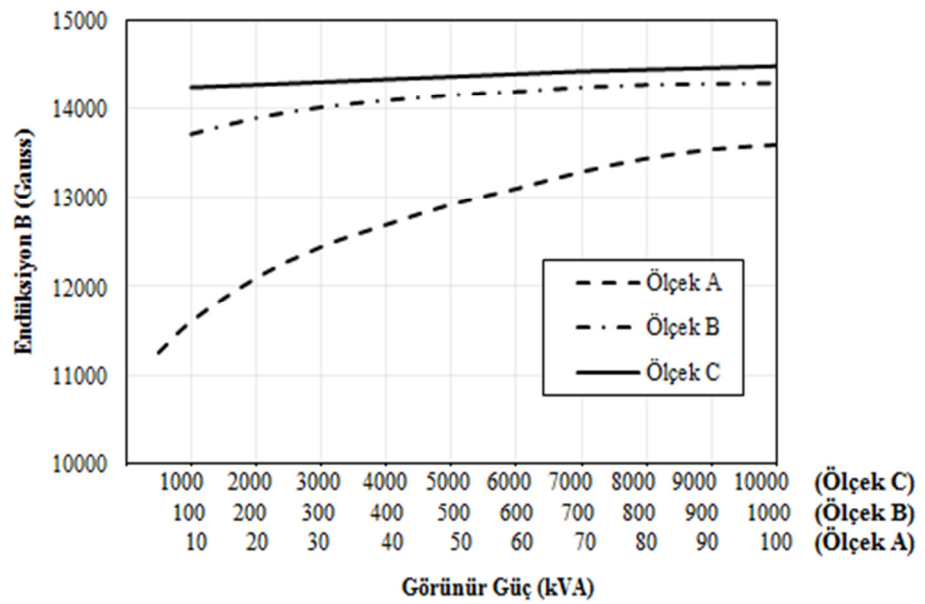
Pencere genişliğinin (a) bulunması için, sargı izolasyonu ile soğutma kanallarının genişliğinin bilinmesi gerekir. Gerçek bakır kesidi ile pencere kesidi arasında büyük fark vardır ve bu fark izolasyon maddesi ve kanallar ile iki bacak üzerine yerleştirilen sargılar arasında bırakılması gereken aralıktan ileri gelir. Gerçek bakır kesidi ile pencere kesidi arasındaki orana bakır doldurma faktörü denir. Çizelge 2.3’ te gösterilen bu faktör transformatörün gücü ile gerilimine bağlıdır [26].

Çizelge 2.3. Yağ ile soğutulan çekirdek tipi transformatörlerin pencere bakır doldurma faktörü.



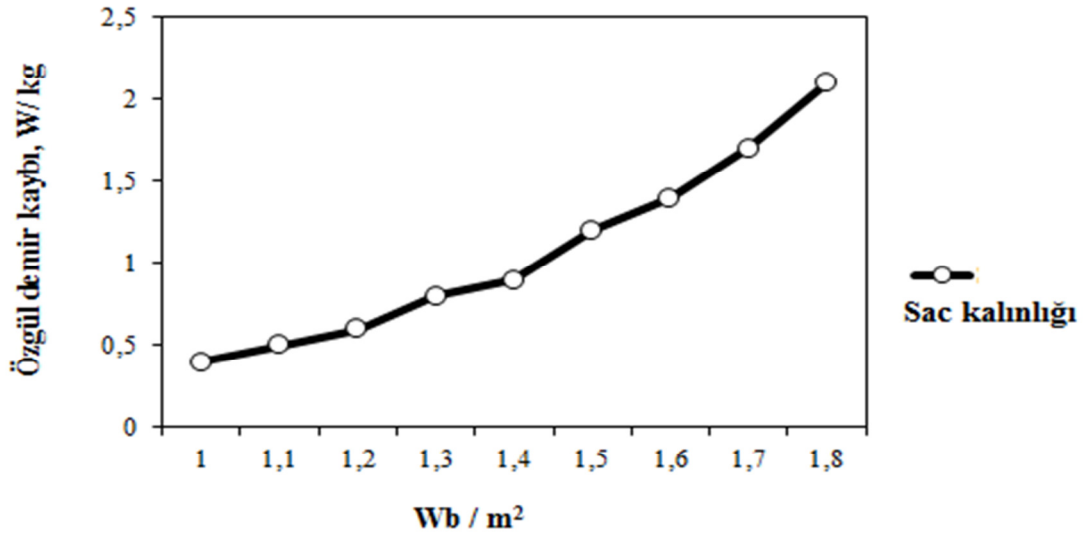
Çizelge 2.4' te çeşitli güçteki transformatörlerde kullanılan endüksiyon değerleri gücün fonksiyonu olarak verilmiştir. Buradan görüleceği üzere, yüksek alışımlı saçlarda 10000 ile 15000 gauss arasında bir endüksiyon ile çalışılmaktadır.

Çizelge 2.4. 5 ila 10000 kVA' e kadar olan yağlı transformatörlerde çekirdek endüksiyonunun güce bağlı olarak değerleri [26].



Çizelge 2.1.' te 50 Hz' de ve değişik endüksiyonlarda yüksek alaşımli saçların bir kilogramında meydana gelen demir kayıpları gösterilmiştir. Buradan endüksiyonla önceleri az olarak artan demir kayıplarının yüksek endüksiyonlardaki artışının fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.5. 50 Hz' de ve değişik endüksiyonlarda yüksek alaşımli saçların bir kilogramında meydana gelen demir kayıpları [39-40].



Hesaplamalarda kullanılan transformatör çekirdek tipi olup sargıları silindirik tiptir. Ayrıca seçilen trafonun soğutma şekli kendi kendine soğur tiptedir.

Eşitlik 2.5' te, özgül bakır kaybı P_{cu} , akım yoğunluğu s , (A/cm²), Wb / m² [26].

$$P_{cu} = 2,7 * s^2 \text{ (Watt/ kg)} \quad (2.5)$$

dir. Eşitlik 2.6' da özgül demir kayıpları P_{fe} , p_{10} : kayıp faktörü [39- 40]. ϵ_2 : 1,15 ; trafo saçlarının işlenmesi sırasında oluşan ilave kayıplar için, (B); endüksiyondur [26]. Eşitlik 2.7' de boyunduruk bacak endüksiyonu B_j , bacak endüksiyonundan % 20 küçük olacaktır [26].

$$P_{fe} = p_{10} * \epsilon_2 * \left(\frac{B}{10000}\right)^2 \text{ (Watt/ kg)} \quad (2.6)$$

$$B_j = B/1,2 \text{ (gauss)} \quad (2.7)$$

dur. Eşitlik 2.8' de bulunacak demir kesiti, eşitlik 2.9' da boyunduruk demir kesiti bulunmasında kullanılır. C ($\text{cm}^2 * \text{joule}^{-1/2}$) [41] demir kesiti uygunluk faktörü, $S(\text{VA})$ trafo görünür güç, f , frekans 'dır.

$$q_{fe} = C * \frac{\sqrt{1000 * S}}{3 * f} \quad (\text{cm}^2) \quad (2.8)$$

$$q_{fej} = q_{fe} * 1.1 \quad (\text{cm}^2) \quad (2.9)$$

Çekirdek kesitinden geçecek olan toplam manyetik alan toplamı, eşitlik 2.10' da hesaplanarak eşitlik 2.13 ve 2.14' deki primer ve sekonder sarım sayılarının bulunmasında kullanılmıştır [26].

$$\Phi = B * q_{fe} \quad (\text{maxwell}) \quad (2.10)$$

Eşitlik 2.11 ve 2.12' de üç fazlı bir transformatör için S görünür gücü, S_2 sekonder görünür gücü ve S_1 primer görünür gücü ifade etmektedir. U_1 primer, U_2 sekonder sargı gerilimlerini, I_1 ise primer, I_2 sekonder sargılarından geçen akımları ifade etmektedir [26].

$$S_1 = \sqrt{3} * I_1 * U_1 \quad \text{Volt amper (VA)} \quad (2.11)$$

$$S_2 = \sqrt{3} * I_2 * U_2 \quad \text{Volt amper (VA)} \quad (2.12)$$

Eşitlik 2.13 ve 2.14' deki w_1 primer, w_2 sekonder sargı sayıları ve eşitlik 2.15 ve 2.16 da q_1 primer, q_2 sekonder sargı kesitleri hesaplanarak eşitlik 2.17' deki pencere veya bacak yüksekliği L_s 'de kullanılmıştır. A_s trafo görünür gücüne bağlı olarak seçilen amper-iletken değeridir [26].

$$w_1 = \frac{U_1}{\sqrt{3} * 4.44 * f * \phi * 10^{-8}} \quad (2.13)$$

$$w_2 = \frac{U_2}{\sqrt{3} * 4.44 * f * \phi * 10^{-8}} \quad (2.14)$$

$$q_1 = \frac{I_1}{s} \quad (\text{mm}^2) \quad (2.15)$$

$$q_2 = \frac{I_2}{s} \quad (\text{mm}^2) \quad (2.16)$$

$$L_s = 0.2 * \frac{w_1 * I_1}{A_s} \quad (\text{mm}) \quad (2.17)$$

Şekil 9' da trafo tasarımında kullanılan parametreler şekil üzerinde gösterilmiştir. Eşitlik 2.18' de pencere genişliği a , eşitlik 2.19' da çekirdeğin çapı hesaplanır. Bu değerler eşitlik 2.20 ve 2.21' deki primer ve sekonder sargı uzunlukları L_{m1} , L_{m2} hesaplanır. Çekirdeğin üzerine sarılan ızalasyon malzemesinin kalınlığı K_{yg} , sekonder sargı yalıtkan kalınlığı K_{ag} , primer ve sekonder sargı arası boşluk, C_p , primer gerilim sargısının ızalasyon dâhil çapı alınmıştır [26].

$$a = 0.04 * \frac{w_2 * q_2}{k_{cu} * L_s} \quad (\text{cm}) \quad (2.18)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * q_{fe}}{0.677 * \pi}} \quad (\text{cm}) \quad (2.19)$$

$$L_{m1} = \pi * (D + 2 * K_{yg} + 2 * a_2 + 2 * \text{Bosluk} + 2 * C_p) \quad (2.20)$$

$$L_{m2} = \pi * (D + 2 * K_{ag} + a_2) \quad (2.21)$$

$$r_1 = \rho_0 * \frac{L_{m1} * w_1}{q_1} \quad (2.22)$$

$$r_2 = \rho_0 * \frac{L_{m2} * w_2}{q_2} \quad (2.23)$$

Eşitlik 2.22 ve 2.23 primer ve sekonder sargı dirençleri, bakır özgül direnci ρ_0 'dır. Eşitlik 2.24- 2.34 trafodaki kayıpları bulmak için verilmiştir [26]. Primer ve sekonder sargı bakır kayıpları P_{cu1} , P_{cu2} , k ; akım yığılmasından kaynaklı direnç artırma faktörü [26]. Toplam bakır kaybı P_{cu} , demir gövde, bacak ve boyunduruk demir ağırlığı G_{fe} , G_{feb} , G_{fej} (kg), demir gövde, bacak ve boyunduruk demir kaybı P_{fe} , $P_{febacak}$, P_{fej} hesaplarını verir [26].

$$P_{cu1} = 3 * I_1^2 * r_1 \quad (2.24)$$

$$P_{cu2} = 3 * I_2^2 * r_2 * k \quad (2.25)$$

$$P_{cu} = P_{cu1} + P_{cu2} \quad (2.26)$$

$$G_{fe} = \gamma_{fe} * ((3 * L_s / 10 * q_{fe}) + 2 * (2 * M + 0,8 * D) * q_{fej}) * 10^{-3} \quad (2.27)$$

$$G_{feb} = 3 * \gamma_{fe} * q_{fe} * L_s / 10 * 10^{-3} \quad (2.28)$$

$$G_{fej} = \gamma_{fe} * q_{fej} * 2 * (2 * a + 3 * b_{bacak}) * 10^{-3} \quad (2.29)$$

$$P_{febacak} = G_{feb} * p_{feb} \quad (2.30)$$

$$p_{fej} = p_{10} * \gamma_2 * (B_j / 10^4)^2 \quad (2.31)$$

$$P_{fej} = G_{fej} * p_{fej} \quad (2.32)$$

$$P_{fe} = P_{febacak} + P_{fej} \quad (2.33)$$

$$P_k = P_{fe} + P_{cu} \quad (2.34)$$

Eşitlik 2.26 ve 2.33 de [26] hesaplanan bakır ve demir kayıplarından faydalanarak trafonun yüklenme oranı \mathcal{E} , eşitlik 2.35' te hesaplanır.

$$\mathcal{E} = \sqrt{\frac{P_{fe}}{P_{cu}}} \quad (2.35)$$

2.14. HAVA İLE KENDİ KENDİNE SOĞUYAN KURU TİP TRANSFORMATÖRLERİN VERİM HESABI

Hesabı yapılacak transformatör üç fazlı çekirdek tipi olup aşağıdaki özelliklerde olacaktır [26].

Transformatörün gücü: $S_2 = 1,5$ kVA

Üst ve alt gerilimler: $U_1/U_2 = 220 / 110$ Volt

Bağlama grubu: Yy_0 (yıldız-yıldız)

Frekans: $f = 50$ Hertz

Güç faktörü $\cos\phi_2 = 1$

Transformatörün kısa devre gerilimi ve kayıpları için özel koşullar konulmamıştır. Hesaplar normal transformatörler için var olan cetvellerden alınmıştır.

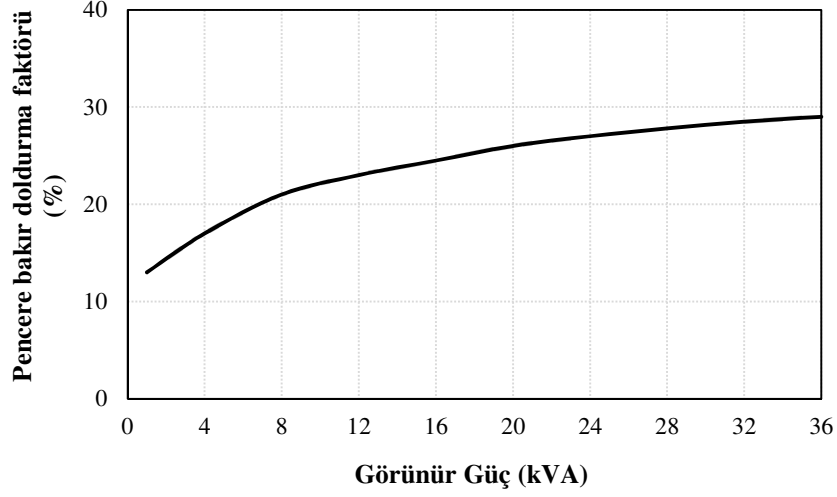
Çizelge 2.6' da kuru çekirdek tipi transformatörlerin gücüne bağlı olarak seçilecek özgül amper-iletken sayısının değerleri verilmiştir [26]. Özgül amper-iletken sayısının seçilmesinde kısa devre gerilimine bakılmalıdır. Çizelge 2.6' dan seçilecek değer eşitlik 2.17' de yerine yazılarak pencere veya bacak yüksekliği (L_s) bulunmuş olur.

Çizelge 2.6. Kuru çekirdek tipi transformatörlerin güce bağlı olarak verilmiş özgül-amper iletken sayısı.

S(kVA)	0,5	1	2	4	8	10	15	20	25	30
A_s / A	80	90	100	110	123	127	135	142	147	150

Çizelge 2.7' de hava ile soğutulan çekirdek tipi transformatörlerin pencere bakır doldurma faktörü verilmiştir. Buradan alınan değer eşitlik 2.18'de yerine koyularak optimizasyon kısıtlılığına etki edecek olan pencere bakır doldurma faktörü (a) değeri bulunmaktadır.

Çizelge 2.7. Hava ile soğutulan çekirdek tipi transformatörlerin pencere bakır doldurma faktörü [26].



Hesaplamalarda kullanılan transformatör çekirdek tipi olup sargıları yuvarlak tiptir. Ayrıca seçilen trafonun soğutma şekli hava ile kendi kendine soğuyan kuru tiptir.

Çizelge 2.1' den yararlanılarak akım yoğunluğu eşitlik 2.38' deki gibi hesaplanır. Ancak kullanılan trafo küçük güçlü olduğundan ilave akım yığılmasından dolayı kayıplar pratik olarak meydana gelemeyeceğinden, özgül bakır kaybını hesaplarken $K=1,1$ olan ilave ek kayıplarına böleriz [26].

$$p_{cu} = 2,7 * (s)^2 / 1,1 \quad (2.36)$$

Diğer hesaplama işlemleri yağlı tip transformatörde bulunan parametreler aynı şekildedir [26].

2.15. TRANSFORMATÖRLERİN OPTİMİZASYONUNDA KULLANILAN AMAÇ FONKSİYONU

Eşitlik 2.5' ten başlayarak eşitlik 2.35'e kadar olan hesaplamaların sonucunda eşitlik 2.37'de verim formülü yazılır. Burada yazılı olan toplam P_k kaybı yerine bunu oluşturan demir ve bakır kayıplarını transformatörün sekonder gücü cinsinden yazılabilir. Bilindiği gibi gerilime bağlı olan demir kayıpları sabit bir primer geriliminde

değişmezler. Bakır kayıpları ise yükü değiştirirler. Eşitlik 2.37’de bu iki kayıpları katarak eşitlik 2.38 elde edilir. Buradan görülüyor ki, verimin maksimum olması için demir ve bakır kayıplarının birbirine eşit olmaları gerekmektedir. Değişken olan bakır kaybı hangi yüklenme oranında sabit demir kaybına eşit olursa, verim o yükte maksimum olacaktır.

$$\text{Verim} = S \cdot 10^3 \cdot \cos\varphi_2 / (S \cdot 10^3 \cdot \cos\varphi_2 + P_k) \quad (2.37)$$

$$\text{verim}_{\max} = 1 - ((P_{fe}) / (0,5 \cdot \epsilon \cdot S \cdot 10^3 \cdot \cos\varphi_2 + P_{fe})) \quad (2.38)$$

İki farklı trafo için [26] da hesaplanmış olan verimin maksimum olduğu yüklenme oranını bulma problemi bu çalışmada bir amaç fonksiyonu olarak alınmış ve değişkenlere göre verim optimizasyonu, yer çekimsel arama algoritması (YAA) ya göre yapılmıştır. Yüklenme oranları hesaplanırken farklı güç faktörleri de kullanılmış ve her bir güç faktörü değeri için verimin maksimum olduğu yüklenme oranları hesaplanmıştır.

2.16. TRANSFORMATÖRLERİN OPTİMİZASYONUNDA KULLANILAN DEĞİŞKENLER

Bilindiği gibi transformatörlerde toplam kaybı oluşturan iki değişken vardır. Bunlardan birincisi demir nüveyi oluşturan demir kayıpları (histerezis ve fuko), ikincisi ise sargılarda oluşan bakır kayıplarıdır. Bunun için verime etki eden iki faktörü ne kadar azaltılırsa toplamda kayıplarda o kadar azalacaktır. Değişkenlerimizden birincisi olan demir kesiti uygunluk faktörüdür. Bu değer transformatörün boyutlarına etki eder. C ‘ nin küçük değerlerinde transformatör nüvesi ince ve uzun olurken, C ‘ nin büyük değerlerinde ise demir nüvesi kalın ve basık olur. Aynı zamanda C ‘ nin demir nüvedeki birim alandan akan enerji miktarını ifade edeceğinden büyük değerlerinde daha çok enerji akacağından verimi artırırken, küçük değerlerinde az enerji geçişi olacağından verim az olacaktır. Bu faktör yağlı trafolarla $4 < C \text{ (cm}^2 \cdot \text{Joule}^{-1/2}) < 6$ alınırken, kuru tip transformatörlerde ise $5,9 < C \text{ (cm}^2 \cdot \text{Joule}^{-1/2}) < 10,6$ alınmıştır [26].

Değişkenlerimizden ikincisi olan akım yoğunluğudur. Birim alandan geçecek akım yoğunluğunu ifade eder. Transformatörün soğutma şekline, çalışma süresine göre çizelge 2.1‘ den seçilir [26]. Yağlı tip trafolar için akım yoğunluğu $2,2 < s < 3,5$

alınırken, kuru trafolar için $1,7 < s \text{ (A/cm}^2\text{)} < 2$ değer aralığında alınmıştır [26]. Seçilen bu akım yoğunlukları ile akım şiddetlerinden primer ve sekonder iletken kesitleri elde edilerek oluşacak toplam bakır kayıpları hesaplanabilecektir.

2.17. TRANSFORMATÖR OPTİMİZASYONUNDA KULLANILAN KISITLAR

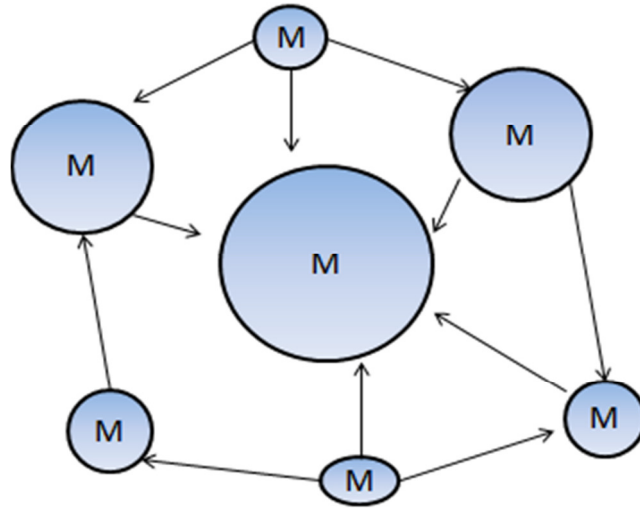
Bundan önce bölüm ikide, çizelge 2.4' ten alınan B (endüksiyon) ve eşitlik 2.8' den tespit edilen demir kesiti (q_{fe}) ile demir nüveden geçen toplam magnetik akı (ϕ) eşitlik 2.10' daki gibi bulunur [26]. Toplam magnetik akı ile yine bölüm ikide eşitlik 2.13 ve 2.14' te primer ve sekonder sargıları için sarım sayıları hesaplanır. Bir bacaktaki amper-sarım mıknatıslanma akımı ihmal edilerek ve bunu özgül amper-iletken sayısı cinsinden yazacak olursak eşitlik 2.17' deki denklem elde edilir. Burada A_s için ısınma göz önünde alınarak belirli sınırlar dahilinde de transformatör gücü ve kısa devre gerilimi de göz önünde bulundurularak çizelge 2.2 seçilerek pencere yüksekliği (L_s) bulunur. Optimizasyon hesaplamalarında verim parametresinin yüksek olmasını istediğimiz için $0,9 < \text{verim} < 1$ arasında olacak şekilde kabul edilmiştir. Ayrıca hesaplamalarda referans alınan trafolar çekirdek tipi trafo olduğu için pencere yüksekliği (L_s) ile pencere genişliği (a) arasındaki oran $2 < L_s/a < 4,5$ kabul edilmiştir [26].

3. MATERYAL VE YÖNTEM

YAA Rashedi ve ark. tarafından ilk olarak 2009 yılında literatüre girmiş sezgisel optimizasyon algoritmasıdır. YAA, Newton'un hareket ve yerçekimi kanunlarına dayalı bir optimizasyon algoritmasıdır [3,42]. YAA bölüm 3.1' de açıklanmıştır.

3.1. YER ÇEKİMSSEL ARAMA OPTİMİZASYONU YÖNTEMİ

YAA, Newton'un hareket ve yerçekimi kanunlarına dayalı bir optimizasyon algoritmasıdır [3,42]. YAA, en yeni arama algoritmalarından biri olup araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Yerçekimi ve hareket kanunlarından esinlenilerek geliştirilen YAA, etkin bir hesaplama kabiliyeti vardır. YAA da her bir nesnenin kütle miktarı o nesnenin performansını gösterir. Her bir kütle, arama uzayında olan diğer kütleleri yerçekimi kuvveti ile çeker. Böylelikle kütleler arası etkileşim sağlanmış olur. Bu kuvvet bütün kütlelerin en ağır olan kütleye doğru hareket etmesini sağlar. Bundan dolayı da kütleler yerçekimi kuvveti doğrultusunda birlikte hareket ederler. Algoritma boyunca en ağır olan kütle diğer kütlelere nazaran daha yavaş hareket edecek ve diğerlerini kendine çekecektir. İterasyon sayısı bitiminde veya herhangi bir durdurma işlemi olduğunda kütlesi en fazla olan nesne, sorunun optimum çözümü anlamındadır.



Şekil 3.1. Kütlelerin birbirleri ile etkileşimi.

3.2. YER ÇEKİMSEL ARAMA OPTİMİZASYONU ALGORİTMASI

YAA da, ilk önce kullanılan yerçekimi sabitinin (G) ve problemin çözümü için belli bir arama uzayının ve sistem içerisindeki toplam kaç kütlede olacağı belirlenir. N kütlede oluşan arama uzayında i. kütlede pozisyonunun elde edilişi, eşitlik 3.1 ile ifade edilmiştir [3].

$$x_i = (x_i^1, \dots, x_i^d, \dots, x_i^n) \text{ for, } i=1,2,\dots,N \quad (3.1)$$

dir. x_i^d , i. kütlede d. boyuttaki yerini belirtir. Algoritma başlangıcında belirlenen yerçekimi sabitine atanan değerin iterasyon sonucu azaltılması ve arama hızının kontrol edilmesi gerekir. t anındaki yerçekimi sabitinin elde edilişi eşitlik 3.2 ile ifade edilmiştir [3].

$$G(t) = G_0 * e^{-\alpha \frac{t}{T}} \quad (3.2)$$

ile hesaplanır. G_0 , yerçekimi sabitinin başlangıç değeri, α , sabit değer, t, iterasyon sayısı ve T, maksimum iterasyon sayısıdır. En iyi ve en kötü kütle değerleri, eşitlik 3.3 ve 3.4 kullanılarak elde edilir [3].

$$\text{Best}(t) = \max_{i=1}^{n_{\text{mass}}} \{\text{fit}_i(t)\} \quad (3.3)$$

$$\text{worst}(t) = \min_{i=1}^{n_{\text{mass}}} \{\text{fit}_i(t)\} \quad (3.4)$$

ile bulunur. $\text{fit}_j(t)$, j. Kütlede t anındaki uygunluğu, best (t), en iyi çözüm, worst(t) ise t anındaki en kötü çözümdür. Arama uzayında bulunan kütlede yer çekimsel (M_{ai}), pasif yer çekimsel (M_{pi}) ve eylemsizlik kütleleri (M_i) eşit alınarak eşitlik 3.5 - 3.6 - 3.7 kullanılarak tüm kütleler hesaplanır [3].

$$M_{ai} = M_{pi} = M_{ii} = M_i \quad (3.5)$$

$$m_i = \frac{\text{fit}_i(t) - \text{worst}(t)}{\text{best}(t) - \text{worst}(t)} \quad (3.6)$$

$$M_i(t) = \frac{m_i(t)}{\sum_{j=1}^N m_j(t)} \quad (3.7)$$

Eşitlik 3.8 ve 3.9' da toplam kuvvet hesabı yapılır. Bunun için, iki noktasal kütlelerin arasındaki Öklid mesafesini [3];

$$R_{ij}(t) = \|x_i(t), x_j(t)\|_2 \quad (3.8)$$

$R_{ij}(t)$ i ve j kütleler arası mesafedir. Buradan kütleler arasındaki kuvveti hesaplarız [3];

$$F_{ij}^d(t) = G(t) \frac{M_{pi}(t) * M_{aj}(t)}{R_{ij}(t) + \varepsilon} (x_j^d(t) - x_i^d(t)) \quad (3.9)$$

$F_{ij}^d(t)$, t anında d. boyutta i ve j kütleleri arasındaki kuvvet, $M_{aj}(t)$ t anındaki j. Kütlelerin aktif yerçekimsel kütlesi, ε kullanıcı tarafından sayısal verilen küçük bir sabit değer, $x_j^d(t)$, $x_i^d(t)$ i ve j kütlelerinin d. boyuttaki konumu' dur. Eşitlik 3.10 ve 3.11 kullanılarak kütlelerin ivmeleri bulunur [3];

$$a_i^d(t) = \frac{F_i^d(t)}{M_{ii}(t)} \quad (3.10)$$

$a_i^d(t)$ d. boyuttaki i. kütlelerin t anındaki ivmesidir [3].

$$A_i(t) = G(t) \sum_{j=1}^{n_{mass}} \text{rand}_j \frac{M_j(t)}{R_{ij}(t) + \varepsilon} (x_j - x_i) \quad (3.11)$$

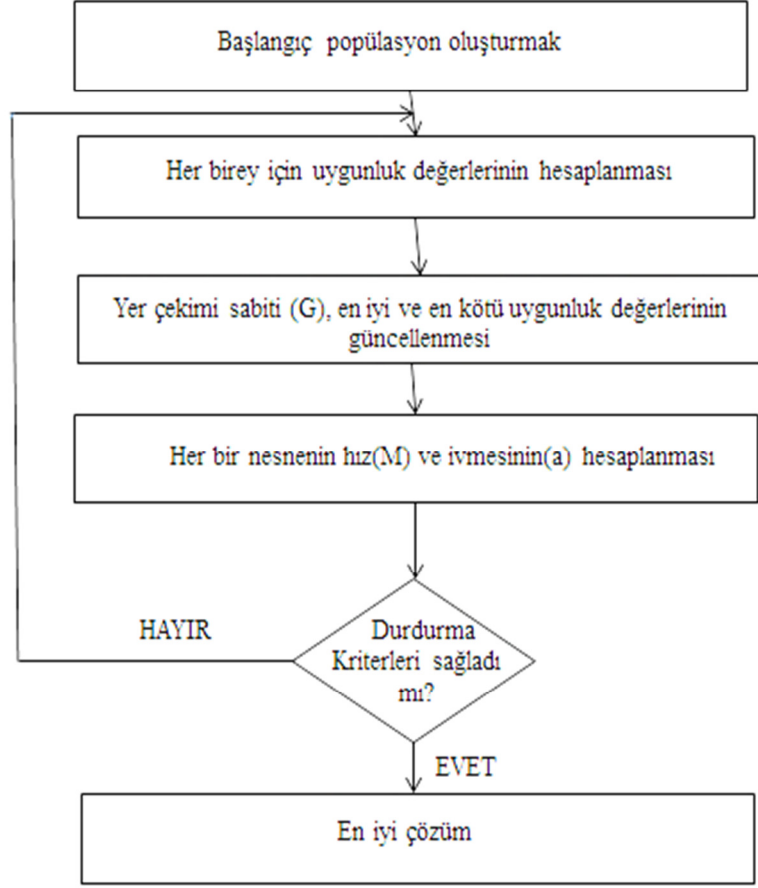
kütleler etkileşim sonucunda karşılıklı ivme kazandırılırlar. Eşitlik 3.12' de kütlelerin o andaki hızı ile o anda oluşan hız değişiminin toplamını verir.

$$V_i^d(t+1) = \text{rand}_i * V_i^d(t) + a_i^d(t) \quad (3.12)$$

rand_i [0,1] aralığında rastgele atanan bir sayıdır. Eşitlik 3.13' te hız değişimiyle birlikte her bir kütlelerin sistemdeki yerinin konum güncellemesi yapılmaktadır [3].

$$X_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1) \quad (3.13)$$

İstenilen durum sağlandığında algoritma durdurulur, sağlanmıyorsa algoritmanın yerçekimi sabitinin güncellendiği eşitlik 3.2' ye geri dönülerek sonlandırma kriterine sağlayana kadar arama devam ettirilir.



Şekil 3.2. YAA akış şeması.

4. BULGULAR

Bu çalışmada yağlı tip ve kuru tip transformatörde farklı çalışma durumlarına göre verim problemi yer çekimsel arama algoritmasıyla çözülmüştür. Çalışmalarda 100 kVA lık yağlı tip transformatör ve 1,5 kVA lık kuru tip transformatörün verimini maksimum olduğu noktayı belirlenmesi incelenmiştir.

4.1. YER ÇEKİMSSEL ARAMA OPTİMİZASYONU YÖNTEMİ İLE 100 kVA' LIK YAĞLI TİP TRANSFORMATÖRÜN VERİM OPTİMİZASYONU

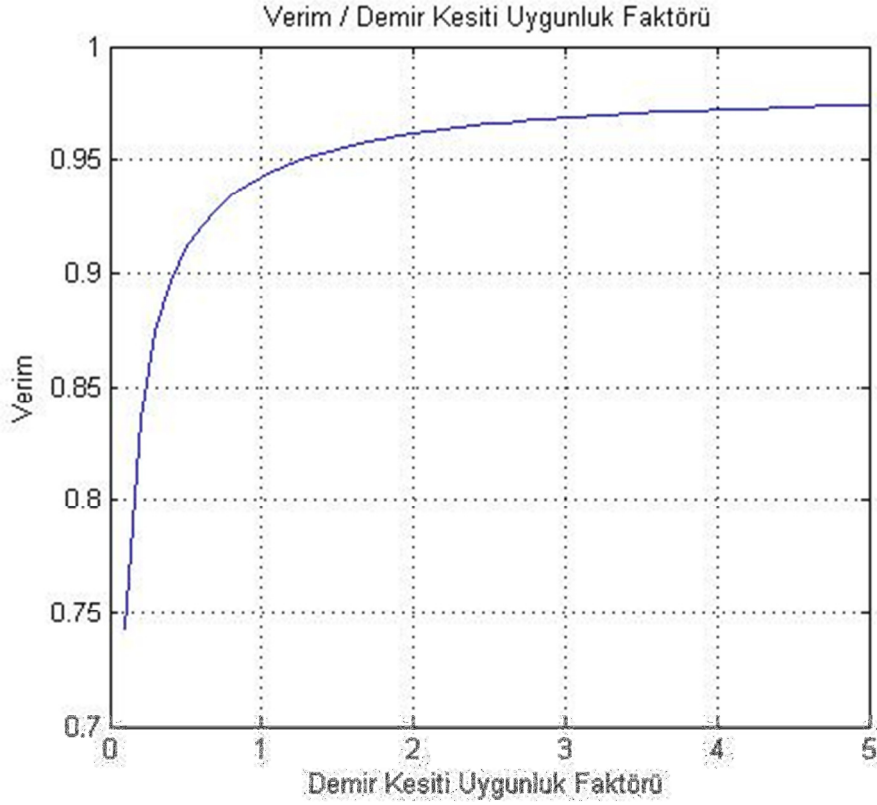
Bu çalışmada ele alınan yağlı tip transformatörün temel değerleri çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Verim optimizasyonu yapılacak 100 kVA' lık trafonun temel değerleri.

Transformatör temel değerleri	
Transformatörün gücü	100 kVA
Transformatör manyetik nüvesi	Çekirdek
Transformatör faz sayısı	Üç fazlı
Primer nominal gerilimi	20 000 Volt
Sekonder nominal gerilimi	231 Volt
Bağlama grubu	Yıldız/ yıldız
Frekans	50 Hz
Kayıp oranı	1,5
0,35 mm lik silisyum alaşımlı sac levha özelliği	0,9 w / kg
Endüksiyon	13500
Transformatör sargı sıcaklığı	75° C
Soğutma şekli	Doğal

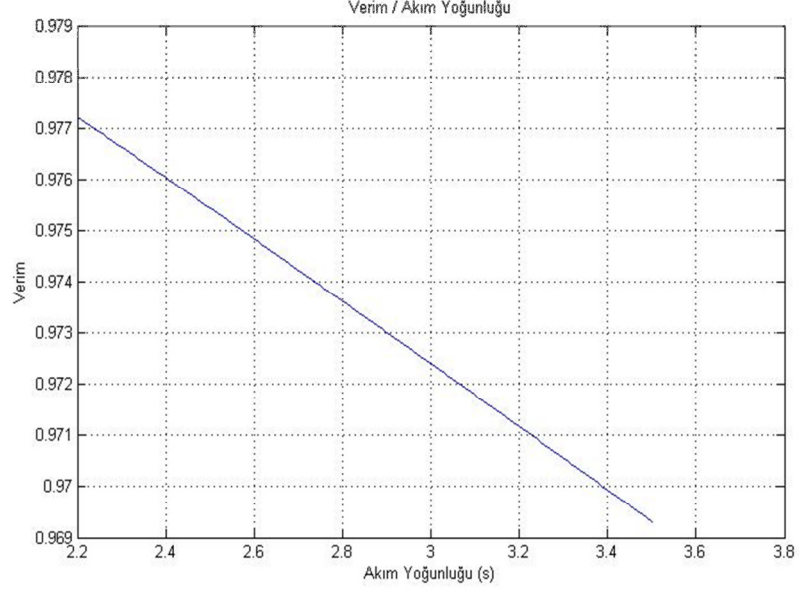
Üç fazlı yağlı tip transformatörlerde en iyi verimi ifade eden, eşitlik 2.37 ve 2.38 amaç fonksiyonumuzdur. Değişkenlerimizden birincisi; demir kesiti uygunluk faktörü yağlı

trafolarda $4 < C \text{ (cm}^{2*} \text{Joule}^{-1/2}) < 6$ alınırken, ikinci değişkenimiz akım yoğunluğu, yağlı transformatörlerde $2,2 < s < 3,5$ alınmıştır. Optimizasyon hesaplamalarında verim parametresinin yüksek olmasını istediğimiz için $0,9 < \text{verim} < 1$ arasında olacak şekilde kabul edilmiştir. Ayrıca hesaplamalarda referans alınan trafolar çekirdek tipi trafo olduğu için pencere yüksekliği (L_s) ile pencere genişliği (a) arasındaki oran $2 < L_s/a < 4,5$ kabul edilmiştir [26]. Verim optimizasyonu için eşitlik 2.5' ten başlayarak eşitlik 2.38' e kadar devam eden denklemleri yer çekimsel arama algoritmasında hesaplatılarak ilk olarak Şekil 4.1' de Değişkenlerimizden demir kesiti uygunluk faktörü- verim ilişkisi gösterilmiştir. Buradan demir kesiti uygunluk faktörü arttıkça verimin de arttığı görülmektedir.



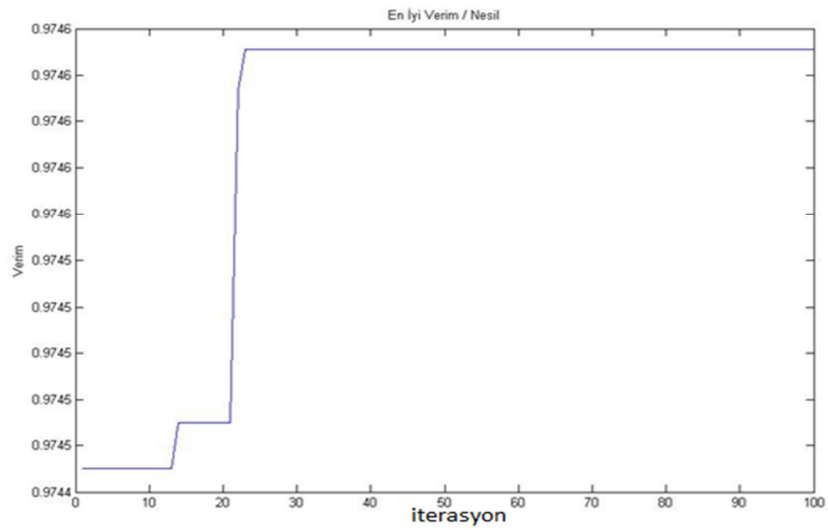
Şekil 4.1. Demir kesiti uygunluk faktörü – verim ilişkisi.

Şekil 4.2’ de değişkenlerimizden ikincisi olan akım yoğunluğu – verim ilişkisi görülmektedir. Akım yoğunluğu arttıkça ise verimin düştüğü görülmektedir.



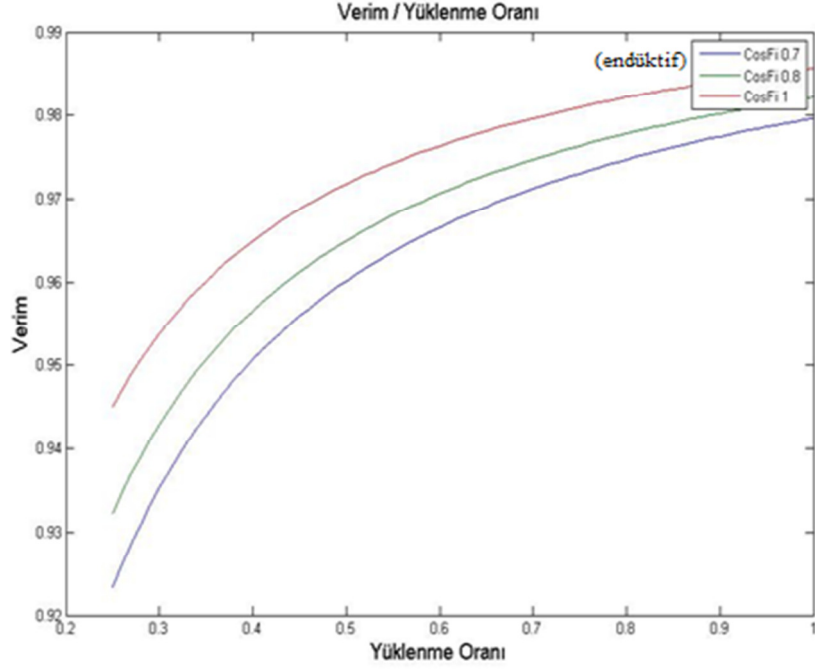
Şekil 4.2. Akım yoğunluğu – verim ilişkisi.

Şekil 4.3’ te yağlı trafonun 100 iterasyon süresince en iyi verimi gösterilmiştir. Yağlı tip trafo problemi için 24. iterasyon anında problem için en iyi ortalama verim sonucu bulunmuştur. Verilen sınırlıklar içinde algoritmanın hızlı bir şekilde sonuca ulaştığı görülmektedir.



Şekil 4.3. Yağlı trafonun iterasyon süresince en iyi verim.

Şekil 4.4' te yağlı tip transformatörde farklı güç katsayı değerlerinde ve yüklenme durumlarındaki verimin değişimi görülmektedir. Güç katsayısında belli bir değere kadar arttığını, ondan sonra nüve saçlarının doyuma ulaştığını ve verimin düştüğü görülmektedir.



Şekil 4.4. Yağlı tip transformatörde yüklenme durumu - verim ilişkisi.

4.2. YER ÇEKİMSEL ARAMA OPTİMİZASYONU YÖNTEMİ İLE 1,5 kVA'LIK KURU TİP TRANSFORMATÖRÜN VERİM OPTİMİZASYONU

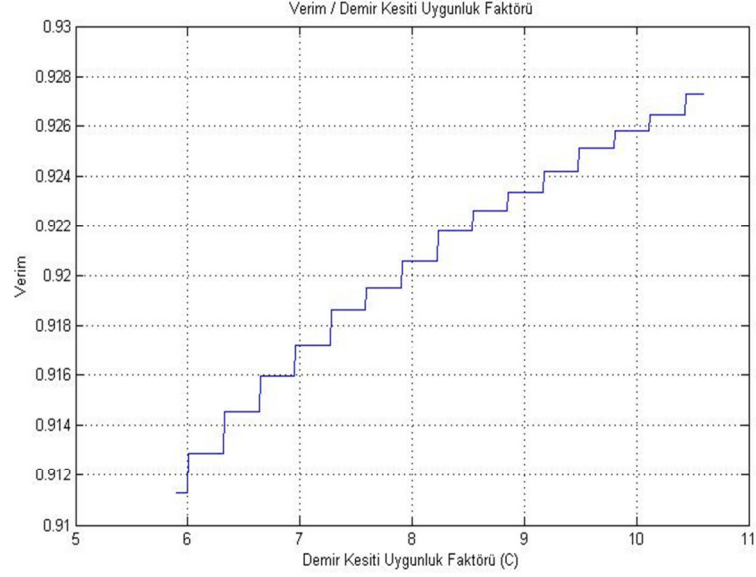
Bu çalışmada ele alınan kuru tip transformatörün temel değerleri çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Verim optimizasyonu yapılacak 1,5 kVA'lık trafonun temel değerleri.

Transformatör temel değerleri	
Transformatörün gücü	1500 VA
Transformatör manyetik nüvesi	Çekirdek
Transformatör faz sayısı	Üç fazlı
Primer nominal gerilimi	220 Volt
Sekonder nominal gerilimi	110 Volt
Bağlama grubu	Yıldız/ yıldız
Frekans	50 Hz
Kayıp oranı	1,5
0,35 mm lik silisyum alaşımlı sac levha özelliği	0,9 w / kg
Endüksiyon	11000
Transformatör sargı sıcaklığı	75° C
Soğutma şekli	Hava

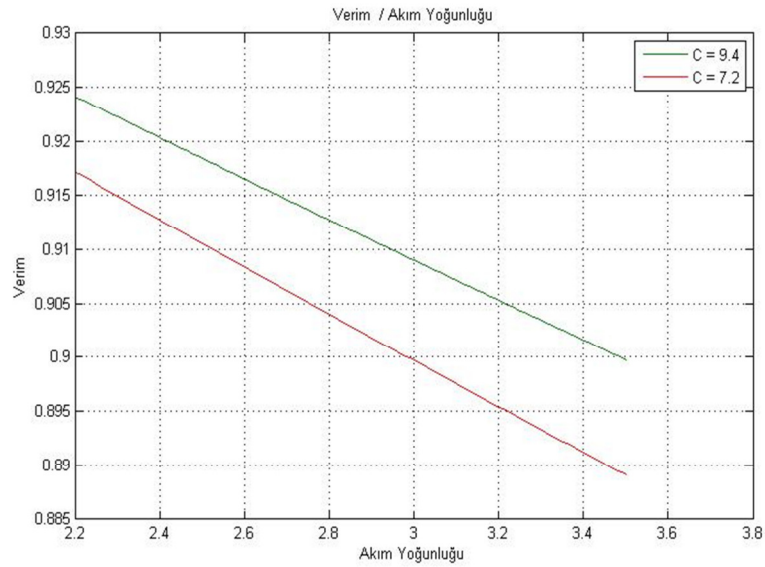
Yağlı transformatörlerde olduğu gibi kuru trafolar da şekil 4.6. ve şekil 4.7' de açık şekilde demir kesiti uygunluğu ve akım yoğunluğunun verim üzerindeki değişimi görülebilmektedir.

Şekil 4.5' te demir kesiti uygunluk faktörü arttıkça veriminde doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir.



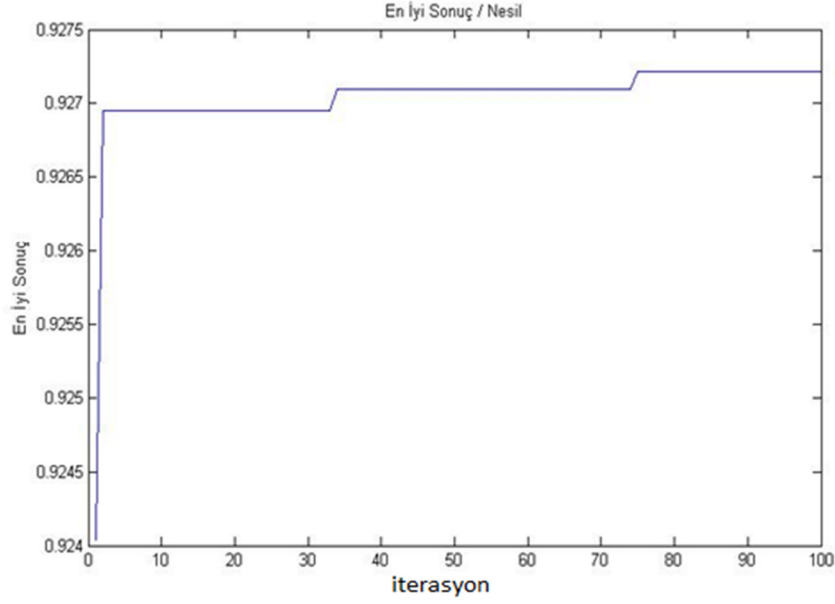
Şekil 4.5. Kuru tip transformatörde demir kesiti uygunluk faktörü- verim ilişkisi.

Şekil 4.6' da ise iki farklı demir kesiti uygunluk faktöründe akım yoğunluğunun artması verimin düşmesine sebep olduğu görülmektedir.



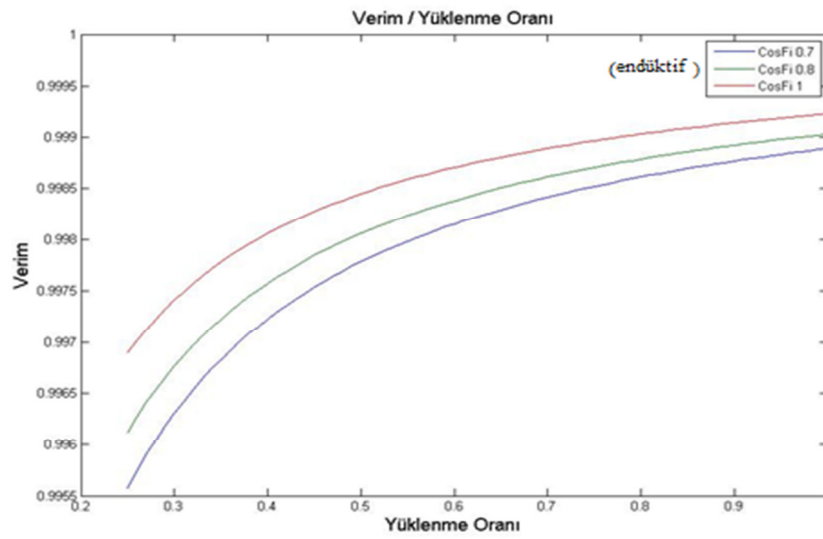
Şekil 4.6. Kuru tip transformatörlerde akım yoğunluğu - verim değişimi.

Şekil 4.7’ de kuru tip trafo için en iyi ortalama verim-nesil ilişkisi ilk 100 iterasyon için gösterilmiştir. Algoritma çalıştığında kuru tip trafo için sonucu hızlı bir şekilde 76. iterasyon anında en iyi ortalama verimi bulunmuştur.



Şekil 4.7. Kuru tip transformatörlerde nesil - verim değişimi.

Trafo yüklenmelerine göre verim ilişkisi şekil 4.8’ de verilmiştir. Yüklenme oranı artıkça verim de bir artış olduğunu fakat bu artışın belirli bir noktadan sonra değişmediği de görülmüştür.



Şekil 4.8. Kuru tip transformatörün yüklenme durumu- verim ilişkisi.

Yağlı tip transformatöre uygulanan yer çekimsel arama algoritmasının bulmuş olduğu sonuçları çizelge 4.3’ te Boduroğlu [26]’ nin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Transformatöre uygulanan yer çekimsel arama algoritmasının klasik hesap yöntemiyle benzerliğini göstermektedir. Verime etki eden toplam kayıplara bakıldığında YAA’ da demir ve bakır kayıplarının düşük çıktığı görülmektedir. Demir kayıplarındaki farkın fazla olmasındaki sebebi demir kesiti uygunluk faktörünün düşük bulmasıdır. Ayrıca demir kesiti de düşük bulmuş ve demir kayıplarını bu iki faktör düşürmüştür.

Çizelge 4 3. YAA ve Klasik Yöntemin yağlı transformatör için karşılaştırılması.

Değişkenler	Sembol	Birim	Klasik (Yağlı)	YAA (Yağlı)
Demir kesiti uygunluk faktörü	(C)	cm ² *joule-1/2	5.6	4.0309
Sargılardaki yoğunluğu	(s)	A/mm ²	2.6	2.6581
Pencere genişliği	(a)	cm	1.56	1.5652
Özgül demir kayıpları	(pfe)	Watt/kg	2.72	1.8863
Özgül bakır kayıpları	(pcu)	Watt/kg	18.2	18
Demir çekirdeğin çapı	(D)	cm ²	16.5	16.3
Primer sargı uzunluğu	(Lm1)	cm	77.2	77
Sekonder sargı uzunluğu	(Lm2)	cm	58.2	58.1
Demir kesiti	(qfe)	cm ²	2.72	1.88
Trafo toplam demir kaybı	(Pfe)	Watt	727	502
Trafo toplam bakır kaybı	(Pcu)	Watt	1874	1850
Verim	(η)	%	97	97.46

Kuru tip transformatöre uygulanan yer çekimsel arama algoritmasının bulmuş olduğu sonuçları çizelge 4.4’ te Boduroğlu [26]’ nin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Burada verime etki eden toplam kayıplara bakıldığında YAA’ da demir kayıplarının düşük bulunduğu buna karşılık bakır kayıplarının daha fazla çıktığı görülmektedir. Buna rağmen toplamdaki kayıpların KY’e göre düşük olduğu için verimin az da fazla çıktığı görülmektedir.

Çizelge 4.4. YAA ve Klasik Yöntemin kuru transformatör için karşılaştırılması.

Değişkenler	Sembol	Birim	Klasik (Kuru)	YAA (Kuru)
Demir kesiti uygunluk faktörü	(C)	cm ² *joule- 1/2	9.5	5.9751
Sargılardaki yoğunluğu	akım (s)	A/mm ²	2.2	2.1868
Pencere genişliği	(a)	cm	5.8	5.7
Özgül demir kayıpları	(pfe)	Watt/kg	1.573	1.0890
Özgül bakır kayıpları	(pcu)	Watt/kg	11.88	11.73
Demir çekirdeğin çapı	(D)	cm ²	7.5	5.9777
Primer sargı uzunluğu	(Lm1)	cm	35	29.7187
Sekonder sargı uzunluğu	(Lm2)	cm	26	21.6448
Demir kesiti	(qfe)	cm ²	2.91	1.9
Trafo toplam demir kaybı	(Pfe)	Watt	43.4	26.1730
Trafo toplam bakır kaybı	(Pcu)	Watt	60	70
Verim	(η)	%	92	92.724

İki farklı tip transformatör için yapılan yer çekimsel arama algoritması sonuçları çizelge 4.3. ve çizelge 4.4 'te gösterilmiştir. Sonuçlara bakıldığında yer çekimsel arama algoritması il KY 'nin benzerliği görülmektedir. Buda yer çekimsel arama algoritmasının transformatör verim optimizasyonu için alternatif bir çözüm yöntemi olduğunu göstermektedir.

5.TARTIŞMA VE SONUÇ

Transformatör tasarımı için izlenen hesaplama yöntemleri klasik yöntemlere dayanmaktadır. Bu tez çalışmasında sezgisel yöntemlerden yer çekimsel arama algoritması ile farklı tip ve yapıdaki transformatör için farklı yüklenme durumlarındaki verim optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Trafolarında yer çekimsel arama algoritması optimizasyonu sonucunda elde edilen sonuçlar ve grafiklerin daha önce Klasik Yöntemle elde edilen parametrelerin [26] ile karşılaştırılmış ve sonuçların benzerliği görülmektedir. Bu da yer çekimsel arama algoritmasının bulmuş olduğu parametreler ile verim optimizasyonu için uygulanabilir ve alternatif bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Tasarımcılar için bu yöntemin avantajı, optimal çözüm elde etmek için mümkün olan tüme yakın kombinasyonları ile uğraşmak zorunda kalmadan hızlı sonuç sahip olunacaktır.

Transformatörlerde verimin maksimum olduğu noktayı, manyetik kayıplar (histerezis ve fuko kayıpların), elektriksel kayıp (bakır kayıplara) eşit ve / veya olduğu yükte transformatörün verimi en büyük değere ulaştığı görülmüştür.

Mevcut çalışmada verim parametresindeki küçükle olsa olan artışın 50 Hz de ve değişik endüksiyonlarda yüksek alaşımli saçların bir kilogramında meydana gelen demir kayıplarının klasik Yöntemle çözümdekinden daha düşük alınmış olmasına dayanmaktadır. Buda manyetik kayıpları azaltmıştır. Bundan sonra yapılacak trafo tasarımlarda Çizelge 2.8 referans alınarak trafo ağırlık- maliyet - verim' in optimizasyonu için tasarımlar yapılabilir.

Yüklenme oranı artıkça verim de bir artış olduğunu fakat bu artışın belirli bir noktadan sonra değişmediği görülmüştür.

Yapılan trafo optimizasyon çalışmaları transformatörlerin tasarımına yönelik, ağırlık ve maliyetin düşürülmesi üzerinedir. Bu çalışmayla literatüre yeni girmiş bir sezgisel

algoritma olan yer çekimsel arama algoritması ile enerji iletimde önemli bir teçhizatın (transformatörlerin) farklı bir niteliğinin optimizasyonu başarıyla yapılmıştır.

Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda verime etki edebilecek değişken sayısını arttırılarak trafo tasarımı için geliştirilebilecek optimizasyon çalışması yapılabilir. Ayrıca transformatörün çalışma ömürleri boyunca kayıplarından dolayı işletme maliyeti de olacaktır. Bunu da göz önüne alınarak trafo tasarımının imalat hem işletme ömrü boyunca toplam kayıplarının minimize edilebileceği en iyi verimin olduğu nokta baz alınacak çalışmalar yapılabilir.

Maliyetin minimize olduğu yüksek güç kalitesine ve verimliliğe sahip transformatör tasarımı için yazılım paketi hazırlanabilir.

Transformatör imalatında kullanılan malzemelerin kalitesini yükselterek teknik ve ekonomik açıdan verime etkisinin değişimini gösteren uygun optimizasyon çalışmaları yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Karaboğa D., *Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları*, Nobel Yayın Dağıtım,(2011).
- [2] Elmas Ç., *Yapay Zeka Uygulamaları*, Seçkin Yayıncılık, (2011).
- [3] Rashedi E., Hossein Nezamabadi-pour., Saeid S., GSA: A Gravitational search algorithm, *Information Sciences*, (2009) 2232–2248.
- [4] Schneider K., Hoad R., Initial transformer sizing for single-phase residential load, *Transmission and Distribution Conference*, Dallas-Texas (1991) 287-293.
- [5] Sim D.J., Cho D.H., Chun J. S., Jung H. K., Efficiency optimization of interior permanent magnet synchronous motor using genetic algorithms. *IEEE Transactions on Magnetics*, 33(2) (1997) 1880-1883.
- [6] Hui L., Li H., Bei H., Application research based on improved genetic algorithm for optimum design of power transformers, *Electrical Machines and Systems (ICEMS)*, Shenyang-Çin, (2001) 242-245.
- [7] Amoiralis E., Tsili M., Georgilakis P., Kladas A., Ant colony solution to optimal transformer sizing problem, *9th International Conference (EPQU)*, Barcelona-Spain, (2007) 1-6.
- [8] Çelebi M., Genetik algoritma ile yağlı bir trafonun maliyet optimizasyonu, *C.B.U. Journal of Science*, (2007) 41-48.
- [9] Çelebi M.,Genetik algoritma ile kuru bir trafonun ağırlık optimizasyonu ve sonlu elemanlar metodu ile analizi, *KSU Journal of Engineering Sciences*, 12(2) (2009) 30-36.
- [10] Çeleci M., Genetik algoritma ile kuru bir trafonun maliyet optimizasyonu, *Elektrik Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu ELECO*, Bursa, (2008) 189-193.
- [11] Rao K.R., Hasan K.N., Rectifier power transformer design by intelligent optimization techniques, *Electrical Power Conference*, Canada (2008) 1-6.

- [12] Shuang Z., Qinghe. H., Application of chaos genetic algorithm to transformer optimal design. *International Workshop on Chaos-Fractals Theories and Applications*, Shenyang (2009) 108-111.
- [13] Eleftherios I., Amoiralis, M. A., Transformer design and optimization: a literature survey. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 24(4), (2009) 1999-2024.
- [14] Khawaja R. H., Arif M. R., Ahmad S., Naveed M., Nasir J., Optimization of distribution transformer using high frequency attained by smps technology. *Universities Power Engineering Conference (AUPEC)*, , University of Canterbury Christchurch, New Zealand (2010) 1-6.
- [15] Hasmat M., Anil K. B., Yadav K. A., Jarial R. K., Jarial application research based on fuzzy logic to predict minimum loss for transformer design Optimization. *Computational Intelligence and Communication Networks (CICN)*, Gwalior- India (2011) 207-211.
- [16] Zhao J., Yao F., Wang H., Mi Y., Wang Y., Research on application of genetic algorithm in optimization design of transformer. *Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies*, Weihai- Shandong (2011) 955-958.
- [17] Smolka J., Andrzej J., Novak J., Shape optimization of coils and cooling ducts in dry-type transformers using computational fluid dynamics and genetic algorithm. *IEEE Transactions on Magnetics*, 47(6) (2011) 1726-1731.
- [18] Öztürk A., Demir H., Kuru L., Tosun S., Kuru E., Weight optimization of a core form oil transformer by using heuristic search algorithms. *Journal of Engineering Research and Applied Science* , 1(1) (2012) 44-54.
- [19] Khatri A., Malik H., Rahi O., Optimal design of power transformer using genetic algorithm, *Communication Systems and Network Technologies (CSNT)*, India (2012) 830-833.
- [20] Demir H., Öztürk A., Kuru L., Kuru E., Weight optimization of a dry type core form transformer by using particle swarm optimization algorithm. *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research*, 29(2) (2012) 1063-1072.

- [21] Tosun S., Öztürk A., Demir H., Kuru L., Kuru tip transformatörün tabu arama algoritması yöntemi ile ağırlık optimizasyonu, *Journal of Advanced Technology Sciences*, 1(1) (2012) 17-26.
- [22] Fouzai M., Zouaghi T., Ant colony algorithm applied to power transformer optimization, *Electrical Engineering and Software Applications (ICEESA)*, Tunus. (2013) 1-5.
- [23] Anonim, <http://www.nuveforum.net/1737-genel-kultur-t/72134-transformator-nedir/> (Erişim Tarihi: 4 Mayıs 2014).
- [24] Fishbane M.P., Gasiorowicz S., Thornton T.S. *Temel Fizik Cilt II*, Arkadaş Yayınları, (2007).
- [25] Kılınç E., *Endüstriyel Elektrik*, MEB Yayınları, (2004).
- [26] Boduroğlu T., *Elektrik Makinaları Dersleri I- Transformatörler*, İTÜ Yayınları, (1974).
- [27] Şerifoğlu A., *Elektrik Makinaları I Tranformatörler ve Asenkron Makinalar*, Nobel Yayın Dağıtım, (2007).
- [28] Peşint A.M., Ürkmez A., *Elektrik Makineleri II*, MEB Yayınları, (1992).
- [29] MEB Yayınları., *Güç Transformatörleri*, Ankara, (2012) .
- [30] Altın M., Üstünel M., Kızılgedik M., *Elektrifikasyon*, MEB Yayınları, (2006).
- [31] Boztepe Y., Sarıtaş İ., Okutan A., Değer H., *Elektrik-Elketronik Bilgisi*. MEB Yayınları, (2003).
- [32] Gürdal O., *Elektromanyetik Alan Teorisi*, Nobel Yayın Dağıtım, (2000).
- [33] Peşint A.M., Ürkmez A., *Elektrik Makinaları II*, MEB Yayınları, (1996).
- [34] Peşint A.M., Akcapınar E., *Elektrik Makineleri ve Laboratuvar Deneyleri I*, MEB Yayınları, (2006).
- [35] Bal G., *Transformatörler*, Seçkin Yayıncılık, (2012).
- [36] Bal G., *Özel Elektrik Makinaları*, Seçkin Yayıncılık, (2011).
- [37] Anonim, <http://elektrical-engineering-portal.com/transformer-heat-copper-and-iron-losses> (Erişim Tarihi: 09 Mayıs 2014).

- [38] Arifoğlu A., *Güç Sistemlerin Bilgisayar Destekli Analizi*, Alfa Yayınları, (2002).
- [39] Georgilakis S. P., Doulamis D. N., Anastasios D. D., Nikos D. H., Stefanos D.K., A Novel iron loss reduction technique for distribution transformers based on a combined genetic algorithm—neural network approach. *IEEE transactions on systems, man and cybernetics—part c: applications and reviews*, 31 (1) (2001) 16-34.
- [40] Ray S., Prediction of hysteresis losses produced by distorted flux in low-loss silicon-iron transformer core laminations. *IEEE Proceedings-C*, 140 (3) (1993) 229-236.
- [41] Richter R., *Elektrische Maschinen Bd. III*, Verlag Birkhaeuser, (1954).
- [42] Rashedi E., Nezamabadi-pour H., Saryazdi S., BGSA: binary gravitational search algorithm, *Natural Computing*, 9 (2010) 727-745.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ALCAN, Yalçın
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 25.11.1982 / Zonguldak
Telefon : 0 (368) 271 57 42 / 43 Dahili: 6681
Faks : 0 (368) 271 57 40
e-mail : yalcinalcan@sinop.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Düzce Üniv. Elektrik- Elektronik Müh.	2014
Mühendislik Tamamlama	19 Mayıs Üniv. Elektrik- Elektronik Müh.	Halen
Lisans	Düzce Üniv. Elektrik Eğitimi	2008

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013-....	Sinop Üniv./ Meslek Yüksekokulu	Öğretim Gör.
2008-2013	Afşin- Elbistan (A) Termik Santrali	Teknisyen

Yayınlar

- 1) “Linyit İle Çalışan Elektrik Üretim Santrallerinde Karşılaşılan Sorunların Enerji Verimliliğine Etkileri ve Çözüm Önerileri” ,Yalçın Alcan, Ali Öztürk, Kenan Döşoğlu, 5. *Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu* (EVK 2013), 118- 122.

2) “Optimization of Transformer Efficiency with Gravitational Search Algorithm for Various Operation Conditions”, Yalçın Alcan, Ali Öztürk, Önder Özmen, *2. Uluslararası Mühendislik Ve Bilim Alanında Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu (ISITES 2014)*, 1216- 1225.

3) “Variac Controlled Reactive Power Compensation Application”, Önder Özmen, Ali Öztürk, Yalçın Alcan, *2. Uluslararası Mühendislik Ve Bilim Alanında Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu (ISITES 2014)*, 1176- 1184.