

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ATEŞ BÖCEĞİ ALGORİTMASI İLE YAĞLI TRANSFORMATÖR
OPTİMİZASYONU**

Mizgin AKDAĞ

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2022**

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM	9
3.1. Materyal	9
3.1.1. Ateş böceği algoritması	9
3.1.2. Fa demo kod	14
3.2. Yöntem	15
3.2.1. Yağlı tip trafo tasarımı	15
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	21
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	38
5.1. Sonuçlar	38
5.2. Öneriler	39
KAYNAKLAR	40
ÖZGEÇMİŞ	42

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ATEŞ BÖCEĞİ ALGORİTMASI İLE YAĞLI TİP TRANSFORMATÖR OPTİMİZASYONU

Mizgin AKDAĞ

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet ÇELEBİ
YIL: 2022, Sayfa: 42

Trafo lar elektrik iletim şebekelerinin en temel yapı taşlarındandır. Elektrik işletim sistemlerinde kullanılan trafoların, genellikle maliyeti yüksektir. Bu elemanların maliyetinin yüksek olmasının sebeplerinden biri trafonun ağırlığıdır. Yapılan çalışmada trafo tiplerinden biri olan yağlı tip trafonun, Ateş böceği algoritması ile ağırlığı optimize edilmiştir. Çalışmada 50 kVA görünür güce, 50 Hz frekansa sahip üç fazlı yağlı trafo kullanılmıştır. Yapılan bu işlemde trafonun akım yoğunluğu (s) ve demir kesiti uygunluk faktörü (C) optimal seviyede seçilerek trafonun ağırlığı ve ağırlık ile ilişkili olan trafonun maliyeti optimize edilerek maliyet ve ağırlık düşürülmeye çalışılmıştır. Simülasyonlar 200 kere MATLAB programında denenmiş ve elde edilen değerler gözden geçirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre akım yoğunluğu (s) ve demir kesiti uygunluk faktörü (C) parametreleri en uygun seviyede tutularak trafo ağırlığında %11'lik civarında bir düşüş meydana geldiği gözlemlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELE R: Ateş böceği Algoritması, Optimizasyon, Simülasyon, Trafo

ABSTRACT

MSc Thesis

OIL-TYPE TRANSFORMER OPTIMIZATION WITH FIREFLY ALGORITHM

Mizgin AKDAĞ

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electric Electronic Engineer**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet ÇELEBİ
Year: 2022, Page: 42**

Transformers are one of the most basic building blocks of electrical transmission networks. Transformers used in electrical operating system are costly generally. One of the reasons for the high cost of these elements is the weight of the transformer. In the study, the weight of the oil type transformer, which is one of the transformer types, was optimized with the Firefly algorithm. In the study, a three-phase oil transformer with 50 kVA apparent power and 50 Hz frequency has used.. In the this process, the current density (s) and the iron cross section compatibility factor (C) of the transformer have selected at the optimal level, and the weight of the transformer and the cost of the transformer associated with the weight has optimized, and the cost and weight were tried to be reduced. The simulations have tried 200 times in the MATLAB program and the obtained values have reviewed. According to the results obtained, it has observed that the current density (s) and iron cross section conformity factor (C) parameters have kept at the most appropriate level, and a decrease of around 11% in transformer weight has observed.

KEYWORDS: Firefly Algorithm, Optimization, Simulation, Transformer

TEŐEKKÖR

Tezin konusunun seçiminde, uygulamasında ve çalışmasında yardımlarını esirgemeyen danışmanım sayın Prof. Dr. Mehmet ÇELEBİ'ye teşekkür ederim.



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. FA akış diyagramı	12
Şekil 3.2. FA Demo kod	14
Şekil 4.1. Maksimum ve Minimum değerlere göre üç boyutlu amaç fonksiyon grafiği	22
Şekil 4.2. İlk atanan ateş böceklerinin konumlarına göre dağılımı	22
Şekil 4.3. Belirlenen iterasyon sonucu ateş böceklerinin konumlarına göre dağılımı	23
Şekil 4.4. İlk popülasyondaki ateş böceklerinin uygunluk değeri	23
Şekil 4.5. Son popülasyondaki ateş böceklerinin uygunluk değeri	25
Şekil 4.6. Her bir iterasyon sonrasında bulunan en iyi uygunluk değeri	27
Şekil 4.7. İterasyon sayısınca bulunan ağırlık değerine göre manyetik akı değeri	29
Şekil 4.8. Trafodaki toplam bakır kaybı	30
Şekil 4.9. Trafodaki toplam demir kaybı	30
Şekil 4.10. Trafodaki toplam kayıp	31
Şekil 4.11. Trafo bacak kesidi	32
Şekil 4.12. Trafo verim grafiği	33

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 1.1. Transformatör Etiket Değerleri	3
Çizelge 3.1. Esinlenen Davranışların Algoritmadaki Karşılığı	10
Çizelge 4.1. İlk ve son popülasyondaki ateş böceklerin konumları ve transformatörün ağırlık değeri	26
Çizelge 4.2. Her iterasyon sonrası bulunan en iyi trafo ağırlık değeri	28
Çizelge 4.3. FA parametre değerleri	34
Çizelge 4.4. FA'da gerçekleşen ilk ve son iterasyonda bulunan değerlerin kıyaslanması	34
Çizelge 4.5. GA ile FA ile bulunan değerler	35
Çizelge 4.6. Yağlı tip transformatör ağırlık optimizasyonları	36

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ABC	Artificial Bee Colony
B_j	Bacak Endüksiyonu
b_{ts}	Stator Dış Genişliği
C	Demir Kesit Uygunluk Faktörü
D_o	Stator Dış Çapı
D_{rs}	Rotor Dış Çapı
f	Frekans
FA	Firefly Algorithm
GA	Genetic Algorithm
GRA	Grey Relation Analysis
GSA	Gravity Search Algorithm
h_{ss}	Oluk Yüksekliği
h_{sw}	Oluk Kama Yüksekliği
I_r	Işık Şiddeti
I_s	Işık Kaynak Şiddeti
I_0	Başlangıç Işık Şiddetini
k_{cu}	Pencere Bakır Doldurma Faktörü
KAOA	Kaotik Ateş Böceği Optimizasyon Algoritması
KVA	Kilo Volt Amper
k_{open}	Oluk Açıklığının Oluk Genişliğine Oranı
l_m	Mıknatıs Kalınlığı
L_{ts}	Motor Uzunluğu
P_{cu}	Bakır Kayıpları
P_{fe}	Demir Kayıpları
PSO	Particle Swarm Optimization
r	İki Nokra Arasındaki Mesafe
s	Akım yoğunluğu
S	Görünür Güç
SA	Simulated Annealing
SMINP	Sequential Mixed Nonlinear Programming
SNP	Sequential Nonlinear Programming
q_{fe}	Demir Kesiti
α	Yarım Kutup Açısı
β	Ateş Böceğinin Çekiciliği
γ	Emilim Katsayısını
δ	Hava Aralığı
ξ	Kayıp Oranı
Φ	Manyetik Akı

1. GİRİŞ

Günümüz çağında elektrik enerjisinin olmadığını düşünmek hayatın durması anlamına gelmektedir. Gerek evlerimizde kullandığımız aletler olsun gerek fabrikalarda üretimi sağlayan makineler olsun hayatımızın her alanında kullandığımız tüm cihazlar elektrik enerjisini diğer enerji türlerine çevirerek hayatımızı kolaylaştırmaktadır. Bununla birlikte teknolojinin gelişmesiyle beraber her geçen gün elektriğe olan bağımlılığımız da artmaktadır.

Hayatımızın bir parçası olan elektrik enerjisi; üretim, iletim ve dağıtım aşamalarından geçerek evlerimize, iş yerlerimize kadar gelmektedir. Bu aşamalarda, elektromanyetizma prensibi ile çalışan belirli bir akım veya gerilimi sabit frekansta alçaltıp yükselten transformatör adı verilen hareketsiz elektrik makineleri kullanılır. Primer ve sekonder sargılardan oluşan transformatörler alçaltıcı veya yükseltici tip olabilirler. Primer sargısına uygulanan gerilim sekonder kısmında değer olarak düşürülüyorsa alçaltıcı tip, gerilim değeri sekonder kısmında yükseltiliyorsa yükseltici tip olarak nitelendirilir. Bununla beraber bu makinelerin soğutulmasında kullanılan malzemeye göre transformatörler kuru tip ve yağlı tip olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. Kuru tip transformatörlerde soğutma amaçlı hava kullanılırken yağlı tip transformatörlerde soğutma trafo içerisinde kullanılan yağ ile sağlanır. Bu çalışmada yağlı tip transformatör tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Optimizasyon, en uygun çözüme ulaşmak için belirli kısıtlamalar kullanılarak en optimal cevabın elde etme sürecidir. Optimizasyon çeşitli alanlarda olduğu gibi mühendislik alanında da sorunların çözümünde karar verme sürecini hızlandırır ve doğru olan en iyi sonuca ulaştırır. Gelişen teknoloji çağıyla beraber bilim insanları çeşitli optimizasyon metotları geliştirmişlerdir.

Bunlardan birkaçı, doğadan esinlenen optimizasyon algoritmaları, fiziksel süreçlerden ve yasalardan esinlenen algoritmalar, doğal olaylardan esinlenen algoritmalar ve canlı varlıklardan esinlenen algoritmalarıdır. Fiziksel süreçlerden ve yasalardan esinlenen algoritmalara; yerçekimi arama algoritması (Gravity Search Algorithm) (GSA), benzetilmiş tavlama algoritması (Simulated Annealing) (SA), doğal olaylardan esinlenen algoritmalara; su döngüsü optimizasyon algoritması, kara delik optimizasyon algoritması canlılardan esinlenen algoritmalara; karınca kolonisi optimizasyonu, parçacık sürü optimizasyonu (PSO), yapay arı kolonisi algoritması (Artificial Bee Colony) (ABC), ateş böceği algoritması (Firefly Algorithm) (FA) örnek olarak verilebilir. Bu algoritmalarla beraber sezgisel algoritmalarından biri olan ve "En iyi olan hayatta kalır" felsefesine dayalı, genetik algoritma (Genetic Algorithm)(GA) (Erdoğan, 2016). GA ile beraber ele alınan değerlerin tabu olarak farz edildiği ve tabu olan değerlerin yeniden ele alınmayacağını esas alan tabu arama algoritması başka bir algoritma örnekleridir.

Daha çok iletimde kullanılan transformatörler, genellikle maliyetli elektrik elemanlarıdır. Transformatörün maliyetini etkileyen etkenlerin başında transformatörün ağırlığı gelmektedir. Güç transformatörlerinin üretiminde maliyetlerin düşürülmesi her zaman bilimin konusu olmuştur (Zile, 2020). Bu tez çalışmasında, akım yoğunluğu(s) ve demir kesit uygunluğu(C) parametre kısıtları baz alınarak, FA işlemiyle transformatör ağırlığının düşürülmesi amaçlanmıştır. Tasarımı gerçekleştirilen transformatörün matematiksel modeli literatürdeki transformatör çalışmaları baz alınarak oluşturulmuştur (Çelebi, 2007; Boduroğlu, 1952). Ele alınan transformatörün etiket değerleri Çizelge 1.1.' de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Transformatör Etiket Değerleri

Tipi	Yağlı tip	%uk	% 4.5
Görünür Gücü	50 kVA	Sargı bağlantı şekli	Üçgen/Yıldız
Nominal Gerilim	34.5/0.4 kV	Frekans	50 Hz
Nominal Akım Değeri	0.8367 A	Soğutma tipi	ONAN
Boşta Çalışma Akımı	2.76 A	Verim	97.06

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatür çalışmaları incelendiğinde, farklı elektrik makinelerinde farklı algoritmalar kullanılarak yapılan birçok optimizasyon çalışmasının mevcut olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalar şu şekildedir:

Çelebi (2008), 1.5 KVA görünür güce sahip olan bir kuru tip trafonun demir kesitini azaltarak trafo ağırlığını yaklaşık olarak %20 oranında azaltmış ve bu işlemi Genetik algoritma ile gerçekleştirmiştir (Çelebi, 2008). Bu çalışmada s ve C parametrelerin sınır değerlerine bağlı olarak bu optimizasyon işlemi yapılmıştır.

Mutluer ve Bilgin (2012), konsantre sargılı sabit mıknatıslı senkron motorun tasarım optimizasyonu GA ile gerçekleştirmiştir (Mutluer ve Bilgin, 2012). Senkron motorun temel parametreleri belirlenerek motor tasarımı yapılmıştır. Temel parametreler; stator dış genişliği (b_{ts}), mıknatıs kalınlığı (l_m), stator dış çapı (D_o), hava aralığı (δ), oluk yüksekliği (h_{ss}), yarım kutup açısı (α), motor uzunluğu (L_{ts}) oluk kama yüksekliği (h_{sw}), oluk açıklığının oluk genişliğine oranı (k_{open}) ve rotor dış çapı (D_{rs}) olarak belirlenmiştir. Bu tasarım çalışmasında popülasyon sayısı 25, iterasyon sayısı 50, çaprazlama oranı 0.8, mutasyon oranı 0.1 olarak seçilmiştir. Çalışma sonunda, sabit mıknatıslı senkron motorun tasarım optimizasyonu için denenen yaklaşımın ve elde edilen değerlerin uygun olduğu saptanmıştır.

Tosun ve ark. (2012), tabu arama algoritması ile transformatörün kısıt değişkeni s ve C parametrelerini alarak kuru tip trafonun maliyetini optimize etmişlerdir (Tosun ve ark., 2012). Yapılan çalışmada trafonun bazı parametreleri (demir çekirdek çapı, primer ve sekonder; sargı kesitleri, pencere genişliği, sargı uzunlukları, demir kesiti uygunluk faktörü, sargı ağırlıkları, transformatör bacak ve boyunduruk ağırlığı, sargılardaki akım yoğunluğu, transformatörün toplam ağırlığı, verim) tabu araması ve klasik yöntemler ile elde edilen sonuç değerleri kıyaslanmıştır. ve Tabu arama algoritması ile elde edilen değerlerin optimal seviyede olduğu ve bununla ilişkili olarak enerji ve maliyet tasarruf sağladığını saptamışlardır.

Alcan ve ark. (2014), çalışmalarında yağlı ve kuru tip trafoların farklı yükleme durumlarında trafo veriminin en üst seviyede olduğu çalışma noktasını bulmaya çalışmışlardır(Alcan ve ark. , 2014). Çalışmalarında trafoların s ve C parametrelerinin değer aralıkları baz alınarak GSA ve klasik yöntemle elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır. Bu kıyaslama sonucunda GSA yöntemi ile elde edilen parametrelerin trafonun verim optimizasyonu için uygulanabilir olduğu görülmüş ve GSA yönteminin trafo optimizasyonu için alternatif bir metot olduğu kanısına varılmıştır.

Pamuk (2016), çalışmada var olan ateş böceği algoritmasını iyileştirmeye çalışmış ve kaotik ateş böceği optimizasyon algoritması (KAOA) geliştirmiştir (Pamuk, 2016). Her iterasyon sonucunda en parlak ateş böceğine kaos teorisi uygulamıştır. Çalışmada KAOA, termik güç santrallerinde meydana gelen kayıplı bir güç şebekedeki yük dağılım sorununda çözüm optimizasyonu olarak kullanılmıştır. Normal FA'nın ekonomik yük dağıtım sorununun çözümünü yapamadığı durumlarda, KAOA sonuca kolay bir şekilde eriştiği görülmüştür.

Alhan (2017), dağıtım transformatörlerin tasarımında farklı algoritmaların kullanılıp kıyaslandığı çalışmalar mevcuttur (Alhan, 2017). Çalışmada yaklaşık 20 tane güncel meta sezgisel algoritma incelenmiş bunlar arasında en iyi performans gösteren algoritma (guguk kuşu arama, , geri-izleme arama optimizasyonu, rekabetçi-uyarmalı diferansiyel gelişim, yapay arı kolonisi ve çiçek tozlaşma algoritmaları) çalışmalarına yer verilmiştir. Çalışmada amaç fonksiyonu transformatörün ana malzeme maliyetinin minimize edilmesi kısıt ise boşa kayıp kısıdı olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, üç farklı güce sahip transformatörün performans testleri sonucu rekabetçi-uyarmalı diferansiyel gelişim algoritmasının 30 sn daha az bir süreçte %99.9' dan daha çok doğruluk ve hassasiyetle çözüm ürettiği kanıtlanmıştır (Alhan, 2017).

Yenipınar ve ark. (2018), farklı optimizasyon metotları kullanılarak asenkron motorlarının rotor oluklarının motor performans etkilerini gözlemlemiştir (Yenipınar ve ark. , 2018). Motorun rotor oluk ölçüleri GA, Ardışık karışık lineer olmayan Programlama ve Ardışık lineer olmayan Programlama metotları ile elde

edilmiş ve motor performansına olan etkileri kıyaslanmıştır. Uygulanan üç farklı metottan da elde edilen değerlerin ilk değerlere göre daha yüksek verim elde edildiği saptanmıştır. Kalkış performansı ve akı yoğunluğu parametrelerine bakıldığında genetik algoritma sonuçlarının en optimal değerlerde olduğu gözlemlenmiş ve en verimli motor geometrisi genetik algoritma optimizasyonu sonucunda elde edildiği kanısına varılmıştır.

Demirdelen (2018), kuru tip bir trafonun verim optimizasyonunu FA ile gerçekleştirmiştir (Demirdelen, 2018). Çalışmada görünür gücü 100 KVA olan bir transformatörün s ve C parametreleri optimal değerlerde seçilerek maksimum verim değerine ulaşılmış ve verim değeri %97 olarak bulunmuştur.

Demirdelen (2018), yine bir çalışmasında yağlı tip trafo hacmini FA ile optimize etmeye ve en kısa zamanda en iyi değerlere ulaşmayı amaçlamıştır (Demirdelen, 2018). Trafonun yüzey alan genişliği, yükseklik, derinlik ve yüzey alan uzunluğu gibi değişkenlere GA ve FA işlemleri uygulanarak elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak ise FA ile elde edilen değerlerin GA ile elde edilen değerler göre daha etkin olduğu ve FA'nın GA algoritmasına göre daha kısa sürede sonuç elde ettiği görülmüştür.

İki farklı algoritmanın beraber kullanılması hibrit algoritma olarak tanımlanır. Literatürde transformatör optimizasyon çalışmalarında hibrit algoritma çalışmaları mevcuttur. Zile (2020), yağlı tip trafonun tank maliyetini ateş böceği algoritması ve karınca kolonisi algoritması kullanılarak optimize etmeye çalışmıştır (Zile, 2020). Tankı oluşturan birleşenler (donatı kalınlığı, taban plakası sehim, taşıma kuvvetleri, taban plakası kalınlığı, duvar sac kalınlığı, taban plakası dayanımı, donatı üst katman genişliği, duvar plakası kalınlığı, dayanım momentleri, donatı kesiti, donatı ağırlığı, donatı yüksekliği) optimize edilmiştir. Tank ara yüzü Visual Studio platformunda oluşturulmuştur. Çalışma sonunda elde edilen değerler ile transformatör tankında kullanılacak birleşenlerden %5'ten %15'e kadar tasarruf elde edilebildiği sonucuna varılmıştır.

Senthilkumar (2021), çalışmasında yağlı tip trafolarında kullanılan yağın performansını iyileştirmek için trafo yağı optimizasyonunu, gri ilişkisel analiz yöntemi ile gerçekleştirmiştir (Senthilkumar ve ark., 2021). Çalışmada çeşitli yağlar kullanılarak bir karışım oluşturulmuştur. Hazırlanan karışımda zeytin yağı, ayçiçeği yağı, kolza tohumu yağı, palmiye yağı, doğal ester yağlar kullanılmıştır ve bu karışımda kullanılan yağların optimal karışım oranları taguchi tabanlı gri ilişkisel analiz yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda transformatörde en iyi çıkış değerleri veren optimum karışım oranları elde edilmiştir.

Kul ve ark. (2021), çalışmasında ise transformatörün verimini en üst seviyeye çıkarmak için üç farklı meta sezgisel algoritma kullanılmıştır (Kul ve ark. , 2021). Bu algoritmalar parçacık sürü algoritması, benzetimli tavlama ve ağaç tohum algoritmasıdır. Çalışmada üç fazlı 100 kVA'lık kuru tip transformatör kullanılmış akım yoğunluğu ve demir kesit uygunluk faktörü optimize edilerek maksimum verime ulaşılmaya çalışılmıştır. Her algoritma 30 defa çalıştırılmış ve iterasyon sayısı 50 olarak belirlenmiştir. Benzetimli tavlama algoritmasının 40. iterasyonda en iyi değer ulaştığı ve bu değer 0.981 olduğu, parçacık sürü algoritmasının 50.iterasyonda en iyi değere ulaştığının ve bu değer 0.9838 olduğu, ağaç tohum algoritmasının ise en iyi değere 30. iterasyonda ulaştığı ve bu değer 0.98439 olduğu gözlemlenmiştir ve ağaç tohumu algoritmasının bu üç algoritma arasında maksimum verimliliği bulmada hem en hızlı hem de en iyisi olduğu sonucuna varılmıştır.

Literatür çalışmalarının geneli trafoların maliyetini ve ağırlığını azaltmaya yönelik çalışmalar olduğu saptanmıştır. Bu hedefler doğrultusunda çeşitli algoritmalar kullanılmış ve farklı tasarımlar gerçekleştirilmiştir. Çalışmaların çoğunda genellikle farklı optimizasyon yöntemleri kullanılmış olsa da genel olarak optimizasyon parametreleri akım yoğunluğu ve demir kesit uygunluk faktörü olarak seçilmiştir (Çelebi, 2007; Demirdelen, 2018; Tosun ve ark. , 2012; Alcan ve ark., 2014; Kul ve ark. , 2021; Esenboğa ve Demirdelen, 2020; Aksu ve Demirdelen, 2018) Bazı çalışmalarda ise bu parametrelerle beraber transformatör tasarım

parametreleri yağlı ve kuru tip transformatör için değerlendirilerek transformatör ağırlıkları karşılaştırılmıştır (Tören ve Çelebi, 2016).

Transformatör tasarım optimizasyonunda kullanılan algoritmalar ise genetik algoritma (Çelebi, 2007; Çelebi, 2008; Wang ve ark. , 2020) ateş böceği algoritması (Zile, 2020; Demirdelen, 2018; Aksu ve Demirdelen, 2018; Demirdelen, 2019), kır kurdu (Abdelwanis ve ark. , 2020), tabu arama (Tosun ve ark. , 2012), yer çekimsel arama (Alcan ve ark. , 2014) algoritmalarıdır. Genel olarak literatür çalışmaları irdelendiğinde FA yöntemi ile transformatör ağırlık ve maliyet optimizasyon çalışmalarının az sayıda olduğu gözlemlenmiştir.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada yeni bir sezgisel algoritma olan FA, görünür gücü 50 kVA olan üçgen yıldız bağlı yağlı trafo ağırlığını ve buna bağlı olarak trafo maliyetinin optimize edilmesinde kullanılmıştır.

3.1. Materyal

Bu kısımda çalışmadaki ele alınan materyaller hakkında bilgi verilmiştir.

3.1.1. Ateş böceği algoritması

FA, doğadaki ateş böceklerinin bazı durumlarda gösterdikleri reaksiyonları temel alarak oluşturulmuş meta sezgisel bir algoritmadır. Ateş böceği Algoritmasını, 2008 yılında Xin-She Yang tarafından keşfedilmiştir.

Ateş böcekleri karın kısımlarında bulunan lüsiferin maddesi sayesinde karın kısımlarında kısa ve ritmik ışıklar üretir. Üretilen ışık doğada avlanma, karşı cinsi etkileme ve avı ürettiği ışığa doğru çekmek için kullanılır. Ateş böceklerinin yönelimleri bu üretilen ışığın parlaklığına bağlıdır. Bu durum şu şekilde açıklanabilir; bir ateş böceği görüş alanı içerisinde kendinden daha parlak bir ateş böceği bulursa parlak olan ateş böceğine doğru hareket edecektir şayet görüş alanında kendi parlaklığından daha parlak bir ateş böceği bulamazsa bu ateş böceği kendi çevresinde rastgele hareket edecektir. Ateş böceğinin fark edeceği parlaklık değeri ateş böcekleri arasındaki uzaklığa ve ışık yoğunluğuna bağlıdır.

Ateş böceği algoritması sürü tabanlı algoritmalara örnek olarak verilebilir. Ateş böceklerinin hareketlerini baz alarak şekillenen Ateş böceği algoritması 3 temel kuralını oluşturmaktadır. Bunlar:

- [1] Ateş böceklerinin cinsiyetlerine bakılmaz, bu durumda ateş böceğinin cinsiyeti baz alınmadan her ateş böceği diğer ateş böceklerini çekebilir.
- [2] Çekicilik parlaklıkla aynı oranda artar.
- [3] Hedef fonksiyonu ateş böceğinin parlaklığı ile belirlenir.

FA' nın avantajları şu şekilde sıralanabilir:

1. FA karmaşık bir yapıda olmayıp basit yapıya sahiptir. Oluşturulan parametre değerinde algoritmada döngü oluşturulup problem çözümüne ulaşılabilmektedir.
2. Problemleri çoklu mod ile çözmesi ve çözümleri alt bölümlerde incelenmesi ateş böceği algoritmasını diğer algoritmalara göre üstünlüğü olarak gösterilebilir (Yang, 2010).
3. FA algoritması yerel ve global en iyi sonuca odaklıyken diğer algoritmalar sadece en iyi yerel sonuca odaklıdır.

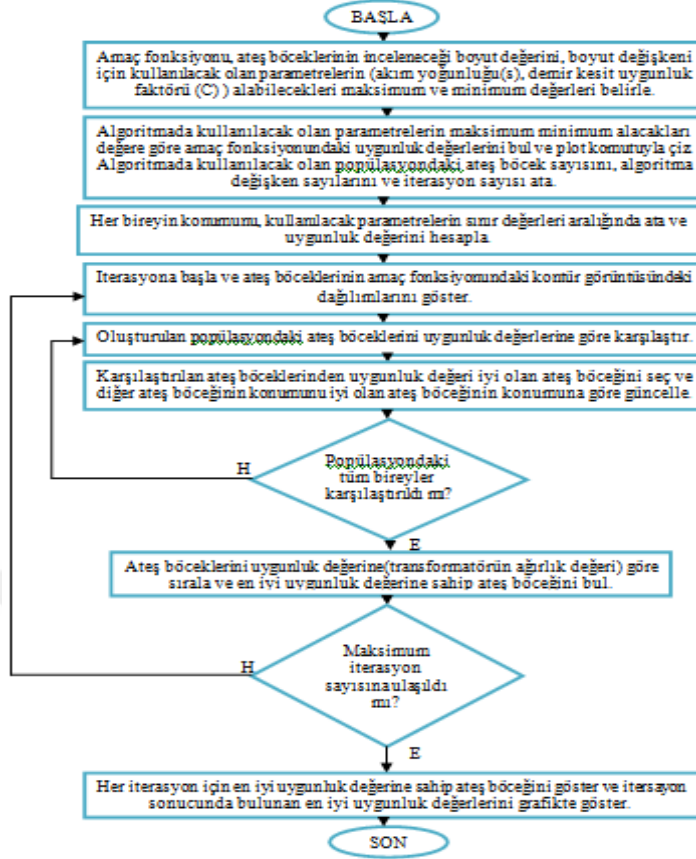
Ateş böceği sürüsünden esinlenen temel davranışların programsal koda uyarlanma aşamaları Çizelge 3.1.'de mevcuttur.

Çizelge 3. 1. Esinlenen Davranışların Algoritmadaki Karşılığı

Sürüdeki Davranış	Algoritmadaki Eylem
1. Ateş böceklerinin konumları rastgele olarak belirlenir. Ateş böcekleri farklı parlaklıklara sahiptir.	1. Sınır değişken sayısı kadar eleman içeren random çözüm grupları üretilir. Elde edilen çözüm gruplarının uygunluk değerleri hesaplanır.
2. Ateş böceklerinin var olan konumları parlaklığa göre değişir. Ateş böceği ya etrafında rastgele hareket eder yada en iyi ateş böceğine doğru yönelir.	2. Tüm çözüm kümelerine sırasıyla iyileştirme formülü uygulanır.
3. Döngü tamamlanana kadar ikinci aşama sürekli olarak devam eder.	3. Belirlenen iterasyon sayısına ulaşıncaya kadar 2. aşamaya geri dönlür.

Çalışmada kullanılan algoritmanın optimizasyon işlemi için ilk olarak amaç fonksiyonu oluşturulmuştur. Oluşturulan amaç fonksiyonu transformatörün ağırlık değeri olup baz alınan parametrelere göre transformatör ağırlığının değişimini gösteren fonksiyondur. Bununla beraber algoritmayı oluşturacak parametrelerin değerleri, literatürde ateş böceği algoritmasına dair yapılan çalışmalar incelendikten sonra uygun aralıklarda belirlenmiştir. Optimize edilecek olan akım yoğunluğu ve demir kesit uygunluğu parametrelerin maksimum ve minimum değer aralıklarına belirlenerek oluşturulacak popülasyondaki ateş böceklerinin konumların bu değerler arasında olması sağlanmıştır. Konumu oluşturulan her ateş böceğinin amaç fonksiyonundaki uygunluk değeri yani atanan optimizasyon parametrelerin aldıkları değer aralıklarına göre transformatörün ağırlığı hesaplanmıştır. Her bir iterasyonda oluşturulan popülasyondaki ateş böcekleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonrası en iyi uygunluk fonksiyonuna sahip ateş böceği bulunmuş ve diğer ateş böceklerinin konumları bu ateş böceğine göre güncellenmiştir. Her iterasyon sonucu en iyi uygunluk değerine sahip ateş böceği bulunmuş olup transformatördeki ağırlık miktarını düşüşü incelenmiştir.

Yağlı tip trafo optimizasyonu için kullanılan FA'nın akış diyagramı Şekil 3.1.'de belirtilmektedir.



Şekil 3.1. FA akış diyagramı

Algoritmayı kuralların göz önünde bulundurulduğunda sürüde en parlak ateş böceğine yönelim sağlandığı baz alınarak ateş böceklerinin parlaklıklarını belirleyecek amaç fonksiyonu belirlenir. Parlaklık mesafe ile ters orantılıdır. Bu olay ters kare yasası ile açıklanmaktadır. I_r , ışık şiddetini temsil etmektedir ve Eş. 3.1' de belirtildiği gibidir (Aydilek, 2017).

$$I_r = \frac{I(s)}{r^2} \quad (3.1)$$

$I(s)$; kaynak ışık şiddeti, r ise mesafedir. Işık, bir ortamda yayılırken belli bir oranda emilime uğrar (Aydilek, 2017). Bu emilim katsayısını (γ) ile gösterilir. Emilim katsayısı ışık şiddeti denkleminde göz önünde bulundurulduğunda denklem Eş. 3.2' de belirtildiği gibi olur.

$$I_r = I_0 e^{-\gamma r^2} \quad (3.2)$$

Eş. 3.2' de belirtilen I_0 değişkeni başlangıçtaki ışık şiddetini belirtmektedir. Ateş böceklerinin çekicilikleri ışık yoğunlukları ile doğru orantılıdır bu yüzden ateş böceğinin çekicilik değerini $\beta(r)$ (Yang, 2010), ifadesini Eş. 3.3'te denklemden bulabiliriz.

$$\beta(r) = \beta_0 e^{-\gamma r^2} \quad (3.3)$$

β_0 ; aradaki mesafenin sıfır değerindeki ateş böceğinin çekicilik değeridir ve iki ateş böceği arasındaki mesafenin sıfıra eşit olduğu anlamına gelmektedir. Yönelim durumlarına göre ateş böcekleri iki boyutlu kartezyen düzleminde inceleyeceğimiz için ateş böcekleri i . ateş böceği ve j . ateş böceği olarak belirlenmektedir. Bu durumda ateş böceklerinin konumları; i . ateş böceği için $X_i(x_i, y_i)$, j . ateş böceği için $X_j(x_j, y_j)$ şeklinde olacaktır. i . ateş böceği ve j . ateş böceği arasındaki mesafe(r_{ij}) denklemi Eş. 3.4' te belirtilmektedir.

$$r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (3.4)$$

Belirttiğimiz i ve j ateş böceklerinden j . bireyin i . bireye göre parlaklık oranının fazla olduğunu düşünürsek i . birey j . bireye yönelim gösterecektir. Bu yönelim sonrası i . bireyin var olan konum değeri değişecektir. Bu yeni değer ise Eş. 3.5' te gösterildiği gibidir.

$$X_{i(\text{yeni konum})} = X_{i(\text{eski konum})} + \beta_0 e^{-\gamma r_{ij}^2} (X_j - X_i) + \alpha \epsilon_i \quad (3.5)$$

α parametresi rastgeleliği temsil etmektedir. Genel olarak rastgelelik değeri $[0,1]$ aralığında değer almaktadır. Gauss dağılımından çizilen random sayı değerlerinin vektörü ϵ_i olarak ifade edilir (Yang, 2010).

Bazı çalışmalarda ϵ_i , değişkenine karşılık $(\text{rand} - \frac{1}{2})$ gösterimi kullanılmaktadır. İki değerde birbiri yerine kullanılabilir (Yang, 2010).

FA'yı oluşturan temel kurallar ve esas eşitlikler göz önünde tutularak FA'nın program kodu oluşturulmuş ve trafo optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

3.1.2. FA demo kod

FA farklı program platformlarında kodlar işlenebilir. Bu kısımda algoritmanın temel kod kısmı verilmiştir. Optimizasyon işlemi, Şekil 3.1.'de belirtilen akış diyagramı göz önünde bulundurularak FA'nın Demo kodu MATLAB programında denenmiştir. Bu kodlar Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.

```

1   CostFunction= @(x)mak4(x);
2   nVar=2;
3   VarSize= 1:2; % Karar değişkeni matris dönüşümü
4   VarMin=[2.2 4];
5   VarMax= [3.5 6];
6   %Algoritma parametreleri belirleme
7   MaxIt=10; %max iterasyon sayısı
8   nPop=10; % populyasyondaki birey sayısı
9   gamma=1; %Havanın emilim katsayısı
10  beta=0.1; %Çekiciliğin r=0 daki değeri
11  alpha=0.2; %Rastlantı değişkeni 1 ile 0 arasında değr alır
12  alpha_damp=0.98; %rastgeleliği azaltan değer
13  delta=0.05*(VarMax-VarMin);%rastgelelik ölçeği=1
14  for i=1:nPop
15      pop(i).Position=unifrnd(VarMin,VarMax,VarSize);%1 satırlık 2 sütunluk Varmin ile varmax arasında bir dizi oluştur
16      pop(i).Cost=CostFunction(pop(i).Position);%pop(i).Position değerini ana fonksiyonda yerine yaz
17      if pop(i).Cost<=BestSol.Cost
18          BestSol=pop(i);
19      end
20  end %For döngüsü bitene kadar npop kadar ateş böceği oluşturur.
21  for it=1:MaxIt %% ateş böceği algortimasını temel döngüsü
22      for i=1:nPop
23          for j=1:nPop
24              if pop(j).Cost< pop(i).Cost
25                  %Min fonks. olduğu için i. atışböceği j. atış böceğine yönelecek
26                  newsol.Position = pop(i).Position+ beta*rand(VarSize).*(pop(j).Position-pop(i).Position)+ alpha*e;
27                  newsol.Cost=CostFunction(newsol.Position); %Ana fonksiyonda dene yeni uygunluk değeri bul
28              end
29          end
30      end
31  end
32  semilogy(BestCost,'LineWidth',2);
33  xlabel('Iterasyon');
34  ylabel('En iyi deger');
35  grid on;

```

Şekil 3.2. FA Demo kod

3.2. Yöntem

Bu kısımda çalışmada kullanılan yöntem hakkında bilgi verilmiştir.

3.2.1. Yağlı tip trafo tasarımı

Bu çalışmada yağlı tip trafoya ait iki değişken kullanılmıştır. Bu değişkenler akım yoğunluğu(s) ve demir kesiti uygunluğudur (C). Bu iki değişken göz önünde bulundurularak trafonun optimizasyonu ateş böceği algoritması ile gerçekleştirilmiştir.

Trafoda en uygun verim değeri, P_{cu} ve P_{fe} değerlerinin aynı değerleri olması ve P_{cu} değerinin de birincil ve ikincil sargılara eşit değerde ayrılması durumunda elde edilmiş olur (Boduroğlu, 1952). ξ , bakır ve demir kayıplarının oranını ifade etmekte olup Eş. 3.6 da belirtilmektedir.

$$\xi = \frac{P_{cu}}{P_{fe}} \quad (3.6)$$

Eş. 3.6'da belirtilen P_{cu} , bakır kayıplarını, P_{fe} , demir kayıplarını temsil etmektedir. Eş. 3.7' de P_{cu} , Eş 3.8'de P_{fe} belirtilmiştir.

$$P_{cu} = 2,7 * s^2 \text{ Watt/kg} \quad (3.7)$$

$$P_{fe} = P_{10} * \xi_2 * \left(\frac{B}{10000}\right)^2 \quad (\text{Watt/kg}) \quad (3.8)$$

Bacak endüksiyonu B_j , boyunduruk bacak endüksiyonundan %20 daha fazla olması gerektiğinden (Çelebi, 2007), bacak endüksiyonu Eş. 3.9'da belirtilmektedir.

$$B_j = \frac{B}{1.2} \text{ (gauss)} \quad (3.9)$$

Eş. 3.8'de, belirtilen; kayıp faktörü $P_{10} = 1.3$, $\xi_2=1.15$ değeri alır. ξ_2 , saçların işlenmesi sonucunda meydana gelen ekstra kayıp değişkenidir. Trafonun demir kesiti q_{fe} , Eş.10' da belirtildiği gibidir.

$$q_{fe} = C \sqrt{\frac{1000 \cdot S}{3f}} \quad (cm^2) \quad (3.10)$$

Eşitlik 3. 10'da belirtilen; C değişkeni demir kesiti uygunluk faktörü olup yağlı ve kuru tip trafolarında farklı değer aralıklarında belirtilmektedir. Yağlı tip transformatörde $4-6 \text{ (} cm^2 \text{joule}^{-\frac{1}{2}} \text{)}$, kuru tip transformatörlerde $5.9-10.6 \text{ (} cm^2 \text{joule}^{-\frac{1}{2}} \text{)}$ aralığında değer alırlar. Boyunduruk bacak kesiti q_{fej} , bacak kesiti q_{fe} den %20 fazla değer alması gerektiğinden (Çelebi, 2007), boyunduruk bacak kesiti Eş. 3.11'de belirtilen eşitlik ile hesaplanır.

$$q_{fej} = \frac{q_{fe}}{1.2} \quad (cm^2) \quad (3.11)$$

Demir çekirdeğin çapı ise Eş. 3.12 ile bulunur.

$$D = \sqrt{\frac{4q_{fe}}{0.677\pi}} \quad (cm) \quad (3.12)$$

D, demir kesitin çapını ifade etmektedir. Bundan önce tespit edilen çekirdek kesiti q_{fe} ve B endüksiyonundan geçen toplam manyetik akı (Φ) bilinmektedir (Boduroğlu, 1952). Manyetik akı Eş. 3.13'te belirtilmektedir.

$$\Phi = B * q_{fe} \quad (3.13)$$

Birinci ve ikincil sargısına ait sarım sayısı Eş.14 ve Eş.15'te belirtildiği gibidir.

$$w1 = \frac{U_1}{\sqrt{3} * 4.44 * f * \Phi * 10^{-8}} \quad (3.14)$$

$$w_2 = \frac{U_2}{\sqrt{3 \cdot 4.44 \cdot f \cdot \Phi \cdot 10^{-8}}} \quad (3.15)$$

Akım yoğunluğunun seçilen değerine göre birincil ve ikincil tel kesitleri Eş. 3.16 ve Eş. 3.17' de belirtilmektedir.

$$q_1 = \frac{I_1}{s} \quad (3.16)$$

$$q_2 = \frac{I_2}{s} \quad (3.17)$$

I_1 ve I_2 değişkenleri birincil ve ikincil akımları temsil etmektedir. Alt gerilim (ikincil) sargı yüksekliği (L) Eş.3.18'de, pencere ve bacak yüksekliği (L_s) Eş. 3.19'da verilmiştir.

$$L = w_2 b_2 \quad (mm) \quad (3.18)$$

$$L_s = L + 2 \cdot 33 \quad (mm) \quad (3.19)$$

Burada 33 mm sargıları sabitleyen takoz yüksekliğidir (Çelebi, 2007). Transformatördeki pencere genişliği (a) Eş.3.20, bacak yüksekliğine göre özgül amper-sarım (A_s) Eş. 3.21' deki gibidir.

$$a = 0.04 \frac{w_2 \cdot q_2}{0.1 \cdot k_{cu} \cdot L_s} \quad (cm) \quad (3.20)$$

$$A_s = 0.02 \frac{w_1 \cdot L_1}{L_s} \quad (A) \quad (3.21)$$

Eşitliklerde belirtilen k_{cu} , pencere bakır doldurma faktörü olarak nitelendirilir. Alt ve üst gerilim sargılarının ortalama uzunlukları hesabı Eş. 3.22'de ve Eş. 3.23'te belirtilmektedir (Boduroğlu, 1952).

$$I_{m1} = \pi(D + 2 \cdot 0.4 + 0.01 \cdot 12.2 + 2 \cdot 1.2) \quad (cm) \quad (3.22)$$

$$I_{m2} = 0.01 * \pi(10 * D + 8 + a_2) \text{ (cm)} \quad (3.23)$$

Eş.3.22'de yer alan a_2 ifadesi alt gerilim sargısının radyal yüksekliği anlamına gelmektedir. Artık alt gerilim sargılarının bakır ağırlıklarının ifadesi Eş. 3.24'te, üst artık alt gerilim sargılarının bakır ağırlıklarının ifadesi Eş. 3.25'te verilmiştir.

$$G_{cu(2)} = 3 * 10^{-3} * \gamma_{cu} * w_2 * q_2 * I_{m(2)} \text{ (kg)} \quad (3.24)$$

$$G_{cu(1)} = 3 * 10^{-5} * \gamma_{cu} * w_1 * q_1 * I_{m(1)} \text{ (kg)} \quad (3.25)$$

Bu denklemdaki γ_{cu} değişkeni, bakır özgül ağırlığıdır ve $\gamma_{cu} = 8.9 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ değerini alır. Alt ve üst gerilim sargıları direnç(75°C derece sıcaklığa indirgenmiş) formülü Eş. 3.26'da mevcuttur.

$$r_n = p_0 \frac{I_{m(n)} * w(n)}{q(n)} \quad 1 \leq n \leq 2 \quad n \in N \quad (3.26)$$

Eş. 3.26'da belirtilen p_0 ; bakır özgül direncidir. n değişkeni ise belirtilen sayı aralığındaki doğal sayı aralığını belirtmektedir.

Toplam bakır kaybı (P_{cu}), alt ve üst gerilim sargı bakır kayıplarının toplamı şeklinde bulunur. Alt ve üst gerilim sargısına ait bakır kaybı Eş. 3.27'de belirtildiği gibi bulunur.

$$P_{cu(2)} = 3 * I_{(2)}^2 * r_2 * k \quad P_{cu(1)} = 3 * I_{(1)}^2 * r_1 \quad (3.27)$$

Burada k ; akım yığılmalarından alt gerilim sargısından oluşan direnç artma faktörüdür (Çelebi, 2007). Trafonun toplam demir ağırlığı Eş. 3.28 ' de ifade edilmektedir.

$$G_{fe} = 10^{-3} * \gamma_{fe}(0.3 * L_s * q_{fe} * 2 * (2M * 0.8D)q_{fej}) \quad (3.28)$$

γ_{fe} parametresi, demir özgül ağırlığını ifade etmekte olup bu parametre değeri $7.6 (gr/cm^3)$ olarak alınır. M değişkeni eşitliği Eş. 3.29'da verilmiştir. Bacaktaki özgül demir kaybı Eş. 3.30'da belirtilmiştir.

$$M = 0.851D + 0.1L_s \quad (3.29)$$

$$P_{feb} = P_{10} * \xi_2 (10^{-5}B)^2 \left(\frac{Watt}{kg} \right) \quad (3.30)$$

Her üç bacağın demir kaybı Eş. 3.31'de belirtildiği gibidir.

$$P_{febacak} = G_{feb} * p_{feb} \quad (Watt) \quad (3.31)$$

G_{feb} , her üç bacağın ağırlığı olup Eş. 2.32'de belirtildiği gibi ifade edilir.

$$G_{feb} = 3.10^{-4} * \gamma_{fe} * q_{fe} * L_s \quad (kg) \quad (3.32)$$

Özgül boyunduruk demir kaybı Eş. 3.33'te belirtilmektedir (Çelebi, 2007).

$$P_{fej} = P_{10} * \xi_2 (10^{-4}B_j)^2 \quad (Watt) \quad (3.33)$$

Toplam boyunduruk ağırlığı (G_{fej}) ve demir gövdede meydana gelen bütün boyundurdaki demir kaybı (P_{fej}), Eş. 3.34'te ve Eş. 3.35'te ifade edilmiştir.

$$G_{fej} = 2.10^{-3} * \gamma_{fe} * q_{fej} (2a + b_{bacak}) \quad (kg) \quad (3.34)$$

$$P_{fej} = G_{fej} * p_{fej} \quad (Watt) \quad (3.35)$$

b_{bacak} , bacak genişliği olup değer olarak $0.851D$ 'ye eşittir. P_{fe} değişkeni transformatörün demir gövdesinde meydana gelen toplam demir kaybını temsil etmekte olup Eş. 3.36'da ifade edilmektedir.

$$P_{fe} = P_{febacak} + P_{fej} \quad (Watt) \quad (3.36)$$

P_k trafonun toplam kaybı Eş. 3.37, trafonun toplam kaybına bağlı olarak verim ifadesi Eş. 3.38 ve G_{top} toplam ağırlık değeri Eş. 3.39'da belirtilmiştir.

$$P_k = P_{cu} + P_{fe} \text{ (Watt)} \quad (3.37)$$

$$verim = \frac{s}{s + 10^{-3}P_k} \quad (3.38)$$

$$G_{top} = G_{cu1} + G_{cu2} + G_{fe} + G_{feb} \text{ (kg)} \quad (3.39)$$

Çalışmada ateş böceği algoritması parametreleri olan akım yoğunluğu ve demir kesit uygunluğu aralıkları Eş. 3.40 ve Eş. 3.41'de belirtilmektedir.

$$2.2 \leq s \leq 3.5 \text{ A/mm}^2 \quad (3.40)$$

$$4 \leq C \leq 6 \text{ cm}^2 \text{joule}^{-\frac{1}{2}} \quad (3.41)$$

Algoritma parametreleri olarak seçilen s ve C değişkenleri Eş. 3.40 ve Eş. 3.41'de belirtildiği aralıklarda tutularak toplam ağırlığının global en iyi değeri bulunması amaçlanmıştır.

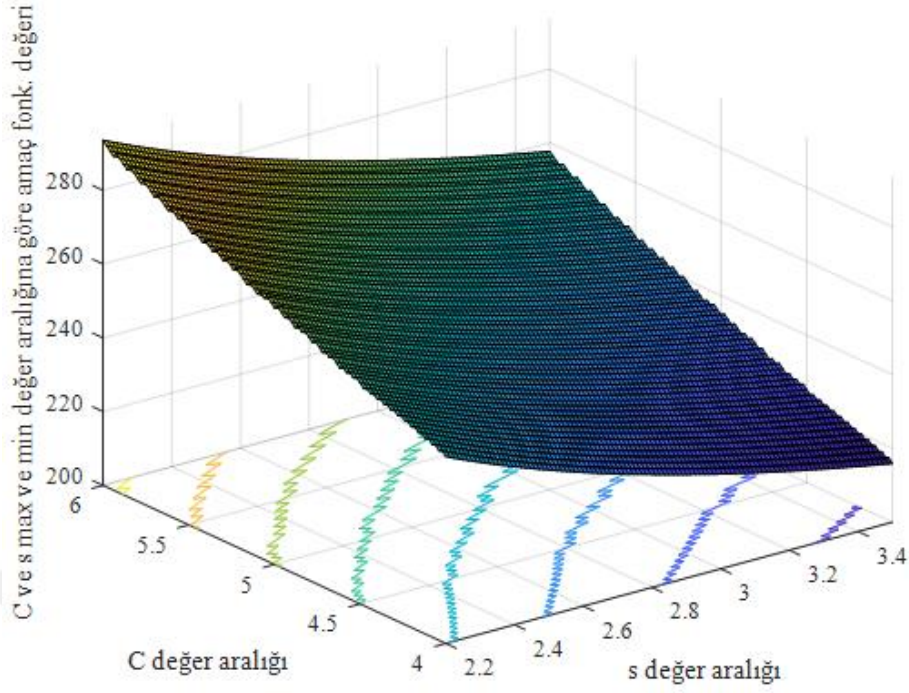
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

FA ile yağlı trafo tasarımı MATLAB programında gerçekleştirilmiştir. Algoritmayı amaç fonksiyonu trafonun toplam ağırlığı, algoritmanın parametreleri ise s ve C olarak seçilmiştir.

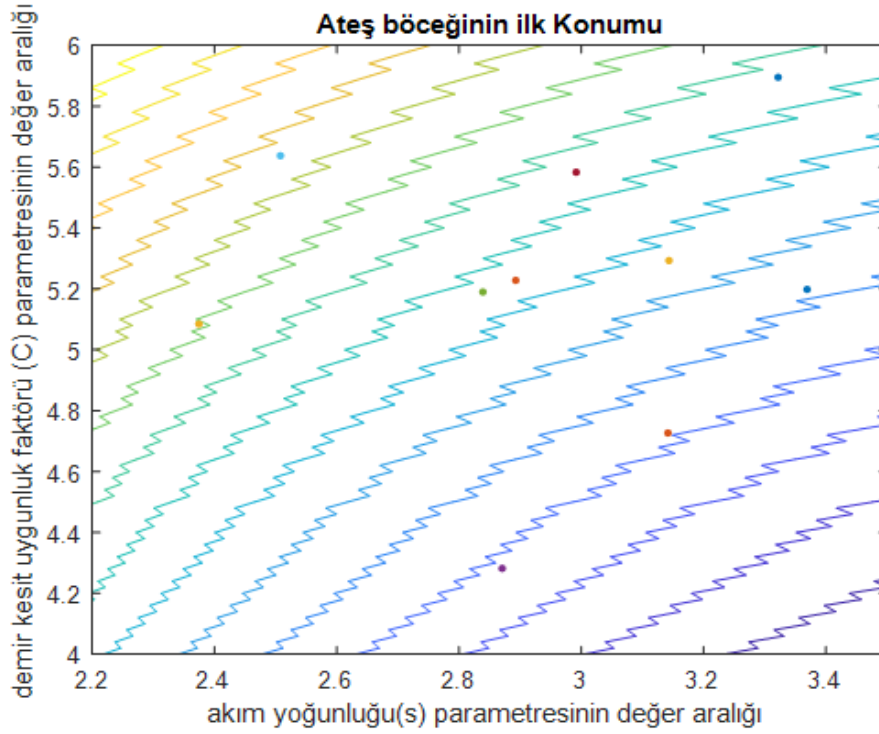
Amaç fonksiyonu algoritmada tanımlandıktan sonra s ve C parametrelerinin mevcut değer aralığında alabileceği maksimum ve minimum değerlere göre belirlenen amaç fonksiyonunda üç boyutlu eksenle çizdirilmiştir. Burada amaç fonksiyonu transformatörün ağırlık değeridir ve akım yoğunluğu ve demir kesit uygunluğu parametrelerin alabileceği her değere karşılık gelen transformatör ağırlığının üç boyutlu çizimi Şekil 4.1.'de belirtilmiştir.

Belirtildiği üzere parametreler s ve C değişkenleridir. Algoritmada iki değişken kullanılmasından dolayı belirlenen popülasyondaki ateş böceklerinin eski ve yeni konumları iki boyutlu düzlemde yer almaktadır. Bu değişkenler ateş böceğinin yönelimlerini, konumlarını tespit eden esas parametrelerdir.

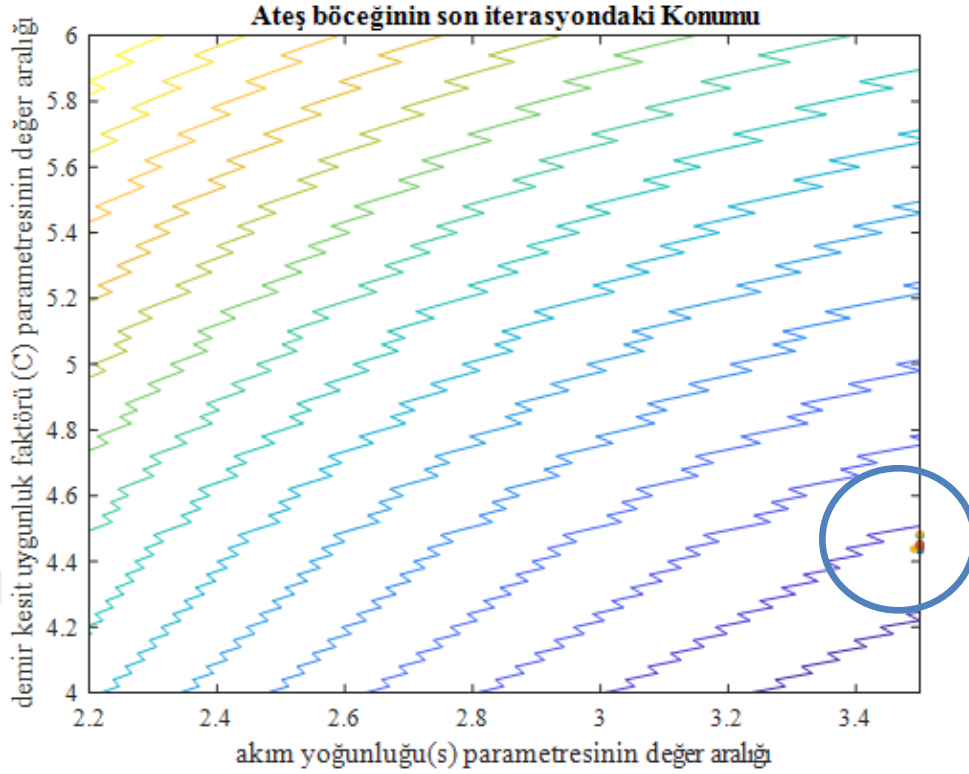
FA ilk olarak tanımlanan değişkenlerin alabilecekleri değer aralığına göre her bir ateş böceğinin konumunu rastgele belirlemektedir. Algoritma, belirlenen birey sayısı kadar ateş böceği oluşturulur ve bunlara konum atar. Bireylere belirlenen konum değerlerine göre her bir bireyin amaç fonksiyonuna bağlı olarak uygunluk değeri yani parlaklığı hesaplanmaktadır. Ateş böceğinin parlaklığı gerçekte trafonun ağırlığını temsil etmektedir. Tanımlanan FA' da iterasyon sayısı ve popülasyon sayısı 10 olarak atanmıştır. İlk popülasyonda oluşturulan ateş böceklerinin ilk konumları ve dağılımları Şekil 4.2.'de, belirlenen iterasyon sayısı tamamlandıktan sonra oluşturulan bireylerin son konumları ve dağılımları Şekil 4.3.'te gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Maksimum ve Minimum değerlere göre üç boyutlu amaç fonksiyon grafiği



Şekil 4.2. İlk atanan ateş böceklerinin konumlarına göre dağılımı



Şekil 4.3. Belirlenen iterasyon sonucu ateş böceklerinin konumlarına göre dağılımı

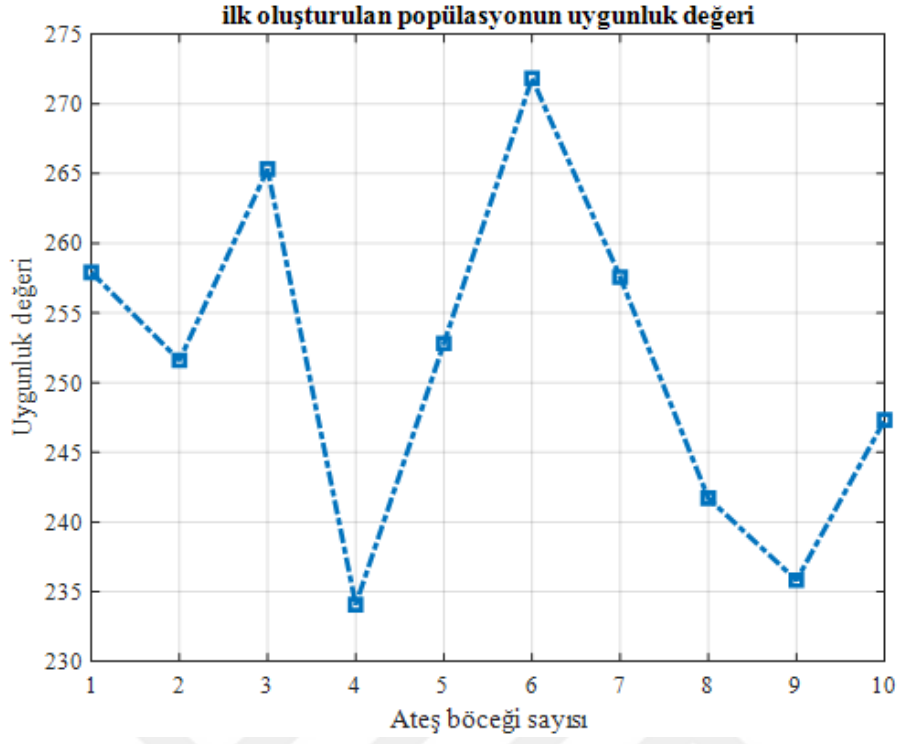
Şekil 4.1.'de yer alan üç boyutlu x eksenini akım yoğunluğu parametresinin alabileceği maksimum ve minimum değer aralıklarını, y eksenini demir kesit uygunluk faktörü parametresinin alabileceği maksimum ve minimum değer aralığını, z eksenini ise bu iki parametrenin maksimum ve minimum değer aralıklarında alabilecekleri değerlere karşılık transformatörün toplam ağırlığını göstermektedir. Şekil 4.1.'de elde edilen değerler ateş böceği algoritması uygulanmadan önce elde edilen değerlerdir. Algoritma işlenmeden önce elde edilen değerler transformatörün sahip olabileceği değer aralıklarını göstermektedir. Şekil 4.2. incelendiğinde ateş böcekleri rastgele dağıldıkları gözlemlenmiştir.

Şekil 4.3'te ise Şekil 4.2.'de algoritma tarafından ilk oluşturulan popülasyondaki ateş böceklerinin, akım yoğunluğu ve demir kesit uygunluk faktörü parametrelerinin değer aralığında, atanan konumlarına göre dağılımlarını ve bu dağılımın Şekil 4.1.'de gösterilen üç boyutlu amaç fonksiyonunun kontür görüntüsünde aldıkları konumları gösterilmektedir.

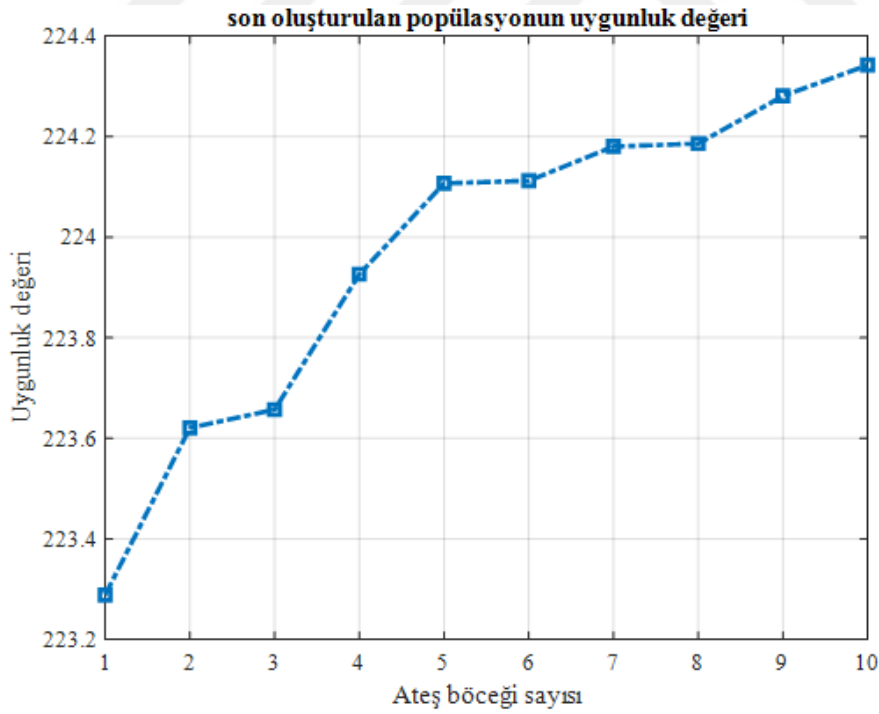
Oluşturulan popülasyon konum değerleri belirlenen parametreler (akım yoğunluğu, demir kesit uygunluğu) aralığında random olarak atandığı için ateş böceklerinin her birinin konumları farklı olup aralarındaki uzaklık farklı değerdedir.

Şekil 4.3. incelendiğinde ateş böceklerinin bir noktaya odaklandıkları görülmektedir. Buna sebep olarak algoritmanın temelini oluşturan en parlak ateş böceğine yönelim kuralından kaynaklanmaktadır. Belirtilen kuraldaki yönelim, amaç fonksiyonu olarak seçilen fonksiyonun minimize veya maksimize bir fonksiyon olmasına bağlı olarak değişebilir. Belirlenen hedef fonksiyonu minimize bir fonksiyon ise yani fonksiyonda en düşük değeri bulmaya çalışıyorsak bu durumda ateş böceği kendi popülasyonundaki parlaklığı bir diğer tabir ile uygunluk değeri kendi uygunluk değerinden daha az olan ateş böceğine yönelecektir. Hedef fonksiyonu eğer maksimize bir fonksiyon ise ateş böceğinin yönelimi daha parlak olan yani uygunluk değeri fazla olan ateş böceğine yönelecektir. Belirtilen her iki durumda da yönelen ateş böceğinin var olan konumu yöneldiği ateş böceğinin konumuna göre değişecektir. Bu durum algoritmada atanan iterasyon sayısı sonlanana kadar sürecektir. Bu durum FA' da asıl önemli olan amaç fonksiyonunda en iyi değere ulaşmak olduğunu göstermektedir.

Optimizasyonunda amaç fonksiyon olarak kullanılan trafo toplam ağırlık fonksiyonunda önemli olan husus düşük değeri bulmaktır. Bu da amaç fonksiyonumuzun minimize bir fonksiyon olduğunu göstermektedir. Bu sebepten ötürü algoritmada belirlenen ateş böcekleri kendi parlaklıklarından (uygunluk değerinden) daha düşük ateş böceklerine doğru yöneldikleri saptanmıştır. Algoritma tarafından oluşturulan ilk popülasyondaki ateş böceklerinin uygunluk değeri Şekil 4.4.'te, son popülasyondaki ateş böceklerinin uygunluk değeri ise Şekil 4.5.'te grafiksel olarak gösterilmiştir. Oluşturulan ilk ve son popülasyondaki bireylerin atanan konumlarına göre trafonun toplam ağırlık değerleri ve trafonun popülasyonlara göre yüzdelik ağırlık düşüş miktarı Çizelge 4.1.' de yer almaktadır.



Şekil 4.4. İlk popülasyondaki bireylerin uygunluk değeri



Şekil 4.5. Son popülasyondaki bireylerin uygunluk değeri

Şekil 4.4. ve Şekil 4.5.'te ki grafiklere bakıldığında son popülasyondaki ateş böceklerinin uygunluk değerleri, ilk popülasyondaki ateş böceklerinin uygunluk

değerlerine göre daha yakın bir aralıkta değerler aldığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte Şekil 4.4.'te belirtilen uygunluk değer limitleri arasındaki farkın Şekil 4.5.'e göre daha fazla olduğu bununla beraber Şekil 4.5.'in uygunluk değerindeki maksimum, minimum değerleri Şekil 4.4.'e göre daha az olduğu görülmüştür. Sonuç olarak iki grafik değerlendirildiğinde ateş böceklerinin en parlak ateş böceğine yönelmesi sonucunda son oluşturulan popülasyondaki bireylerin uygunluk değerleri daha dengeli bir şekilde dağıldığı ve buna bağlı olarak ideal trafo ağırlığını temsil ettiği kanısına varılmıştır.

Algoritmanın oluşturduğu ilk popülasyondaki ve bireylerin birbirlerine yönelimleri sonucu oluşan son popülasyondaki ateş böceklerinin konumları ve konum değerlerine bağlı olan uygunluk değerleri(trafo ağırlığı) Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

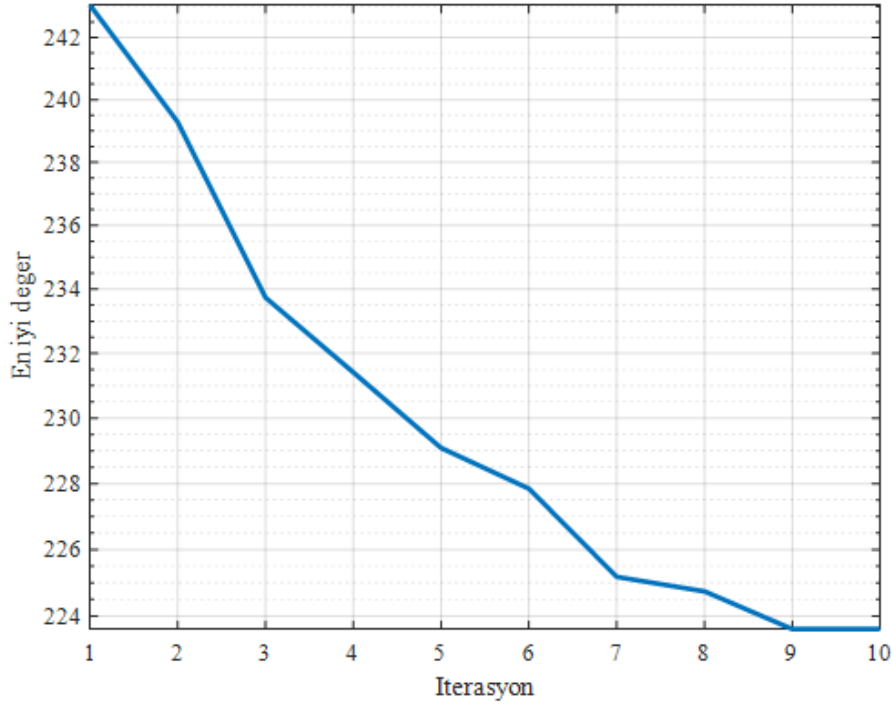
Çizelge 4.1. İlk ve son popülasyondaki bireylerin konum ve trafo ağırlık değeri

Ateş Böceği	İlk Popülasyon	Trafo Ağırlık Değerleri (kg)	Son Popülasyon	Trafo Ağırlık Değerleri (kg)	Trafo Ağırlığının Düşüş Miktarı (%kg)
1.	(3.3218 5.8949)	257.9183	(3.5000 4.4336)	223.2885	% 13.426
2.	(2.8927 5.2280)	251.5988	(3.5000 4.4402)	223.6208	% 11.120
3.	(2.3746 5.0848)	265.3182	(3.4905 4.4377)	223.6571	% 15.702
4.	(2.8705 4.2819)	234.0765	(3.5000 4.4462)	223.9263	% 4.336
5.	(2.8391 5.1899)	252.8128	(3.5000 4.4497)	224.1070	% 11.354
6.	(2.5079 5.6374)	271.8368	(3.5000 4.4784)	224.1121	% 17.556
7.	(2.9916 5.5831)	257.5709	(3.5000 4.4512)	224.1803	% 12.963
8.	(3.3692 5.1982)	241.7030	(3.5000 4.4798)	224.1861	% 7.247
9.	(3.1416 4.7268)	235.8194	(3.5000 4.4532)	224.2808	%4.892
10.	(3.1434 5.2936)	247.3203	(3.5000 4.4829)	224.3421	%9.290

Yukarda belirtilen Çizelge 4.1.'e bakıldığında algoritmanın oluşturduğu ilk popülasyonda trafo ağırlığının 275-230 kg arasında değerler aldığı son popülasyonda ise trafo ağırlığı 225-223 kg civarında değiştiği gözlemlenmiştir. Bununla beraber ilk popülasyondaki bireylerin sahip oldukları uygunluk değerlerinin ortalaması alındığında trafo ağırlığının yaklaşık olarak 251.5975 kg olduğu, son popülasyonda ise trafo ağırlığının ortalaması 223.9701kg olduğu gözlemlenmiştir. Bulunan iki değere göre trafonun ilk ve son ağırlık değeri kıyaslandığında trafo ağırlığında yaklaşık % 11'lik bir düşüş olduğu belirlenmiştir. Bulunan oran trafo ağırlığında azalış miktarı olarak makul bir değerdir.

Çizelge 4.1.'in ikinci sütununda yer alan değerler algoritma tarafından üretilen ilk popülasyondaki ateş böceklerinin konumlarını göstermektedir. Çizelge 4.1.'in beşinci sütunu ise belirlenen iterasyon sayısı tamamlandıktan sonra algoritma tarafından random olarak oluşturulan popülasyonların karşılaştırılarak diğer ateş böceklerinin en iyi ateş böceğine yönelimi gerçekleştikten sonra oluşturulan son popülasyonu göstermektedir. Bu iki sütundaki değerler karşılaştırıldığında oluşturulan son popülasyondaki ateş böceklerinin konumlarının birbirine daha yakın olduğunu göstermektedir. Bu da ateş böceği algoritmasının, ateş böceklerinin parlaklıkları ile ilişkisini yani ateş böceklerinin en iyi uygunluk değerine sahip ateş böceğine yöneldiğini ve yönelme sonucu konumların en iyi ateş böceğine göre güncellendiğini göstermektedir.

FA tarafından üretilen her popülasyonun durumu belirlenen iterasyon sayısı boyunca incelenmiştir. Tamamlanan her iterasyon sonrasında popülasyon içindeki en iyi uygunluk değerine sahip bireyin sahip olduğu uygunluk değeri programda kaydedilmiştir. Belirlenen iterasyon sonucunda her iterasyona ait en iyi uygunluk değeri Şekil 4.6.'da belirtilmiş ve her iterasyon sonrası en iyi uygunluk değerine sahip olan bireyin konum değerleri ağırlık değerleriyle beraber Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Bu ağırlık değişimlerine bağlı olarak manyetik akı (Φ)'da meydana gelen değişim miktarı Şekil 4.7.'de belirtilmiştir.



Şekil 4.6. Her bir iterasyon sonrasında bulunan en iyi uygunluk değeri

Çizelge 4.2. Her iterasyon sonrası bulunan en iyi trafo ağırlık değeri

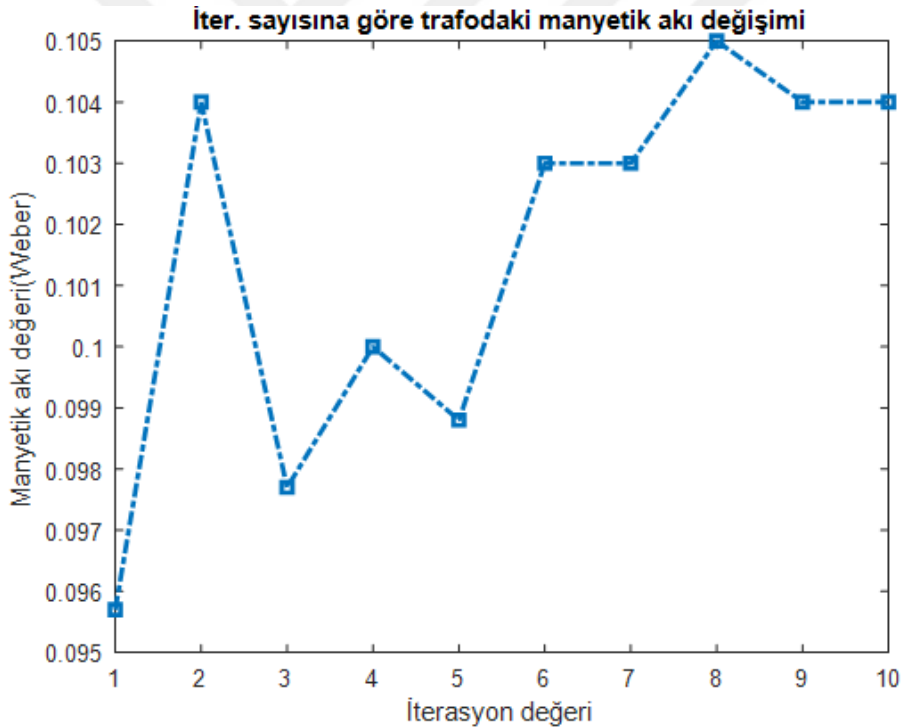
İterasyon	Konum Değerleri	İterasyon sonucu bulunan trafo ağırlığı(kg)
1.	[2.4462 4.0579]	243.0531
2.	[2.7823 4.4213]	239.2838
3.	[2.7710 4.1468]	233.7366
4.	[2.9948 4.2605]	231.4143
5.	[2.9965 4.1907]	229.0867
6.	[3.2266 4.3973]	227.8453
7.	[3.3639 4.3959]	225.1767
8.	[3.4835 4.4568]	224.7403
9.	[3.5000 4.4336]	223.2885
10.	[3.5000 4.4336]	223.2885

Şekil 4.6.'da belirtilen grafik ve Çizelge 4.2. incelendiğinde ilk popülasyonda ki en iyi uygunluk değeri diğer bir deyişle en düşük trafo ağırlığı 243.0531 kg bulunurken sonuncu popülasyonda en iyi değer 223.2885 kg olarak bulunmuştur. Bu iki değer kıyaslandığında birinci iterasyon sonucu bulunan en iyi trafo ağırlık değeri ile onuncu iterasyon ağırlık değeri arasında %8'lik bir azalma miktarı vardır.

Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2. arasındaki fark Çizelge 4.1.'de sadece ilk ve son popülasyon değerleri incelenirken Çizelge 4.2.'de ise her bir iterasyonun tamamlandıktan sonra (popülasyondaki ateş böceklerinin tümü kıyaslanarak) bulunan en iyi transformatör ağırlık değeridir.

Çizelge 4.2. incelendiğinde en iyi değer 10. iterasyonda bulunduğu ve bu değer 223.2885 olduğu fark edilmektedir. Bununla beraber akım yoğunluğu değeri $3.5 A/mm^2$, demir kesit uygunluk faktörü değeri ise $4.4336 cm^2 joule^{-\frac{1}{2}}$ iken en iyi değer bulunduğu kanısına varılmıştır.

Çizelge 4.2.'ye göre toplam manyetik akı değerindeki değişim Şekil 4.7.'de gösterilmektedir.

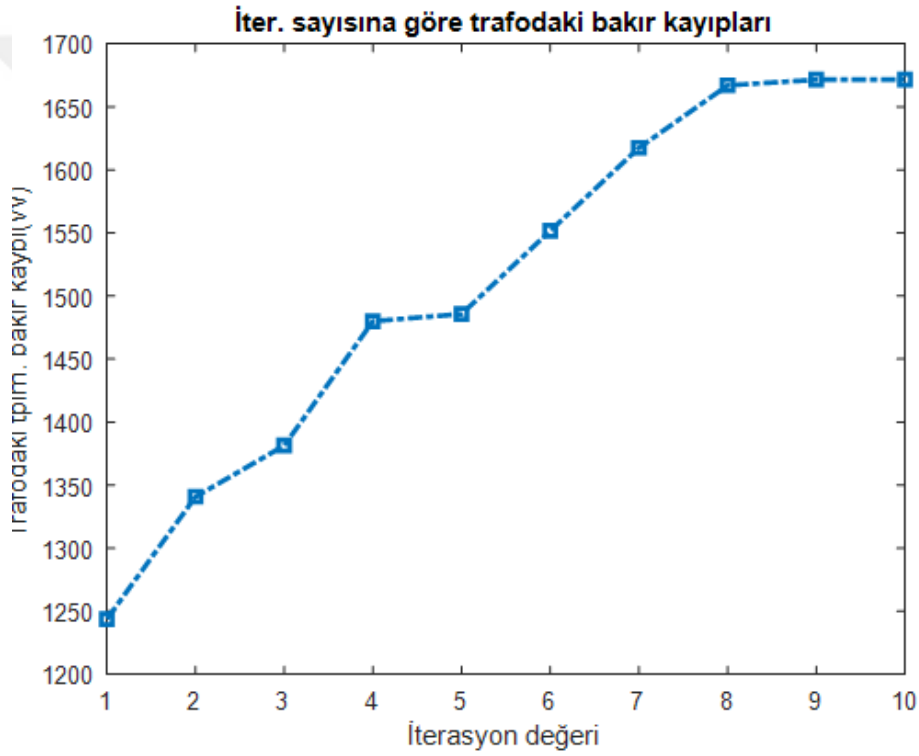


Şekil 4.7. İterasyon sayısınca bulunan ağırlık değerine göre manyetik akı değeri

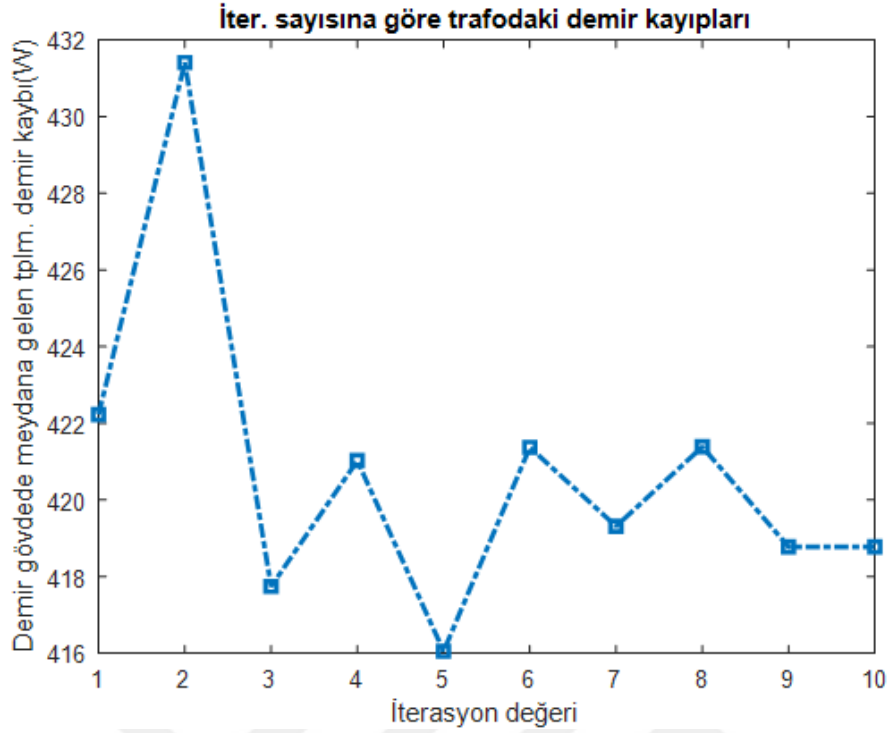
Bilindiği üzere elektrik makinelerde kullanılan manyetik akı değeri önemli bir büyüklüktür. Bu büyüklük değeri Eş 3.13 te belirtildiği üzere yüzey büyüklüğüne bağlı bir parametredir. Buradaki yüzey büyüklük değeri demir kesitidir. Demir kesiti eşitliği Eş 3.10 belirtildiği gibi transformatörün frekansına, görünür gücüne ve demir

kesit uygunluk faktörüne bağlıdır. Bununla birlikte Eş 3.10'da görüldüğü üzere demir kesidi ile demir kesidi uygunluk faktörü arasında doğru orantı vardır. Şekil 4.7.'de değişen manyetik akı değeri değişimi demir kesit formülünde yer alan demir kesit uygunluk faktörüne bağlı olarak artış ve azalış göstermektedir. Demir kesit uygunluk faktörünün her iterasyonda değişimleri Çizelge 4.2.'de açık bir şekilde görülmektedir.

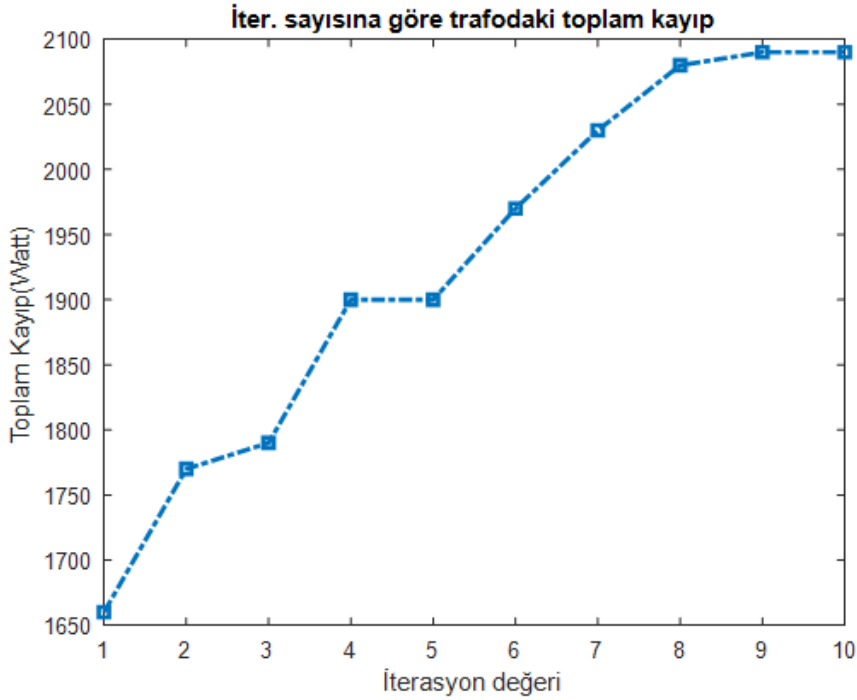
Transformatörde meydana gelen toplam bakır kaybı Şekil 4.8.'de, demir gövdede meydana gelen toplam demir kaybı Şekil 4.9.'da ve bu kayıplar sonucunda meydana gelen toplam kayıp Şekil 4.10.'da gösterilmektedir.



Şekil 4.8. İterasyon sayısınca trafodaki toplam bakır kaybı



Şekil 4.9. İterasyon sayısınca trafodaki toplam demir kaybı

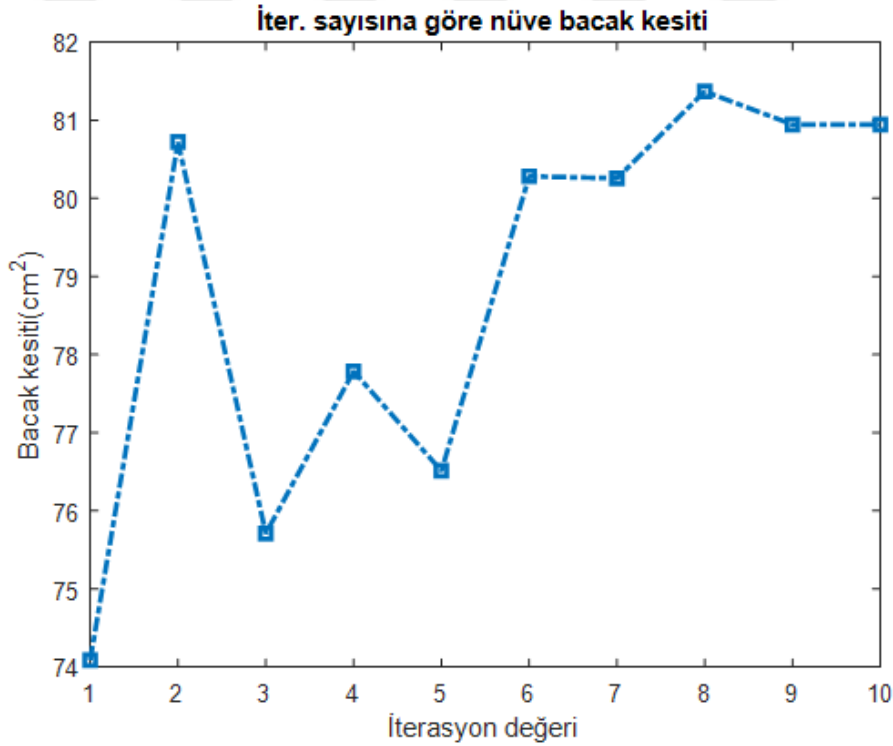


Şekil 4.10. Trafodaki toplam kayıp

Şekil 4.8.'deki bakır kayıpları alt gerilim ve üst gerilim bakır sargılarının bakır kayıplarının toplamını göstermektedir. Sargılardaki bakır kayıpları iletken üzerinde

geçen akımın karesi ve iletkenin direnci ile doğru orantılıdır. Üst ve alt gerilim sargı bakır kaybında (P_{cu1}) üst ve alt sargı direncinin değişimi incelenmiştir. Üst ve alt sargı direnç değerlerinin iterasyon sayısınca arttığı gözlemlenmiştir. Bu artışa bağlı olarak üst ve alt sargılardaki bakır kayıplarının iterasyon sayısınca arttığı ve buna bağlı olarak ta trafodaki bakır kayıplarının arttığı gözlemlenmiştir.

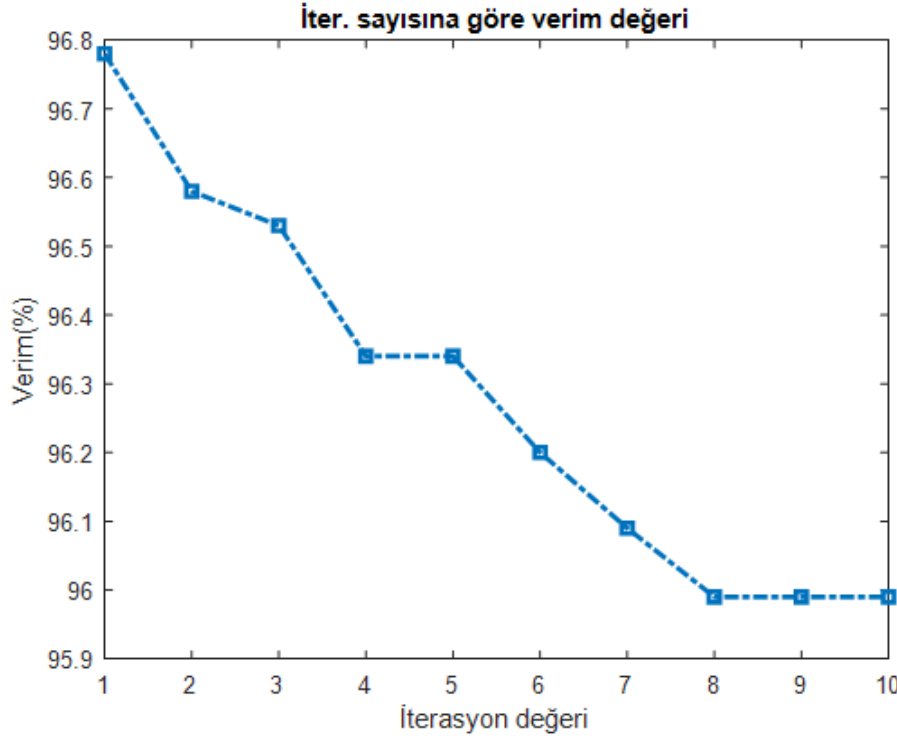
Transformatörün demir kayıpları, demir kesit uygunluğu, sargılardan geçen manyetik akı ve akım yoğunluğu gibi parametrelere bağlı bir kayıptır. Şekil 4.9.'da iterasyon sayısınca trafoda meydana gelen demir kayıpları bu parametrelere bağlı kalarak değişim göstermiştir. Bununla birlikte demir bacak kesitler değerlerinin değişimi Şekil 4.11.' de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Trafo bacak kesidi

Trafonun bacak kesidi hesaplamasında Eş.10'da belirtilen eşitlik ele alınmıştır. Eşitlikten de görüldüğü üzere bacak kesiti, demir kesit uygunluk faktörü değişkenine bağlıdır ve aralarında doğru orantı vardır. Bu orantı Çizelge 4.2.'de belirtilen her iterasyon da algoritma tarafından verilen demir kesit uygunluk faktörü değeri incelendiğinde net bir şekilde görülmektedir.

Trafonun verim değerinde meydana gelen değişim ise tüm iterasyon sayılarında bulunan en iyi değere göre çizdirilmiştir. Şekil 4.12.'de transformatörün verimindeki değişim değerleri gösterilmektedir.



Şekil 4.12. Trafo verim grafiği

Şekil 4.12.' de ki verim grafiği incelendiğinde verim değerinin iterasyon sayısınınca azaldığı ve son iterasyonda % 96 verim değerine sahip olduğu görölmektedir. Algoritmaya tabi tutulmayan transformatörün ilk verim değerinin %97 iken algoritmaya tabi tutulan transformatörün ilk iterasyondaki verim değerinin %96.8 son iterasyondaki verim değerinin %96 olduğu görölmüştür. Verim değerinde yaklaşık %1.03 değerinde bir düşüş yaşanmıştır. Bununla beraber verim değeri trafodaki toplam kayıp değerlerine bağlıdır. Verim grafiği toplam kayıp grafiği ile kıyaslandığında toplam kaybın artmasıyla verim değerinin düştüğü net bir şekilde görölmektedir.

FA' da kullanılan temel parametrelerin değerleri Çizelge 4.3.' te verilmiştir.

Çizelge 4.3. FA parametre değerleri

Parametre	Değer
Bireylerin incelendiği düzlem sayısı	2
Minimum s ve C parametrelerin değer aralıkları	[2.2 4]
Maksimum s ve C parametrelerin değer aralıkları	[3.5 6]
İterasyon sayı değeri	10
Popülasyondaki birey sayısı	10
γ değeri	1
β_0 değeri	1
α değişken değeri	0.2

Çizelge 4.3.' te verilen değişken değerleri, genel bir araştırma yapıldıktan sonra parametrelerin sayısı ve alabilecekleri değer aralıkları belirlenmiştir. Çizelge 4.3.' te belirlenen değerler algoritmaya uygulanarak iterasyon değerleri gözlemlenmiştir. Algoritma tarafından ilk ve son iterasyonda bulunan bazı parametre değişken değerleri Çizelge 4.4.'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. FA'da gerçekleşen ilk ve son iterasyonda bulunan değerlerin kıyaslanması

Parametre	Birim	İlk iterasyon değeri	Son iterasyon değeri
Akım yoğunluğu	(A/mm^2)	2.44	3.50
Demir kesit uygunluğu	$(cm^2 joule^{-\frac{1}{2}})$	4.05	4.43
Demir çekirdeğin çapı	cm	11.80	12.33
Manyetik akı	Weber	0.0957	0.105
Alt gerilim sargısı bakır ağırlığı	Kg	4.14	2.73
Üst gerilim sargısı bakır ağırlığı	kg	47.05	30.78
Toplam demir kaybı	kW	0.4222	0.418
Toplam Cu kaybı	kW	0.1243	1.6715
Toplam demir ve bakır Kaybı	kW	1.66	2.09
Toplam ağırlık	kg	243.05	223.61
Verim		%96.78	%96

Çizelge 4.5.'teki değerlerden son iterasyonda elde edilen değerler optimal değer olarak alınmıştır.

FA çalışması sonucu elde edilen değerler, literatürde var olan genetik algoritma ile yağlı tip trafo optimizasyonu (Çelebi, 2007) adlı çalışma sonucu elde edilen değerler ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.5.'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.5. Genetik Algoritma ile Ateş Böceği Algoritması ile bulunan değerler

	GA	FA
Amaç	Maliyet optimizasyonu	Ağırlık Optimizasyonu
Görünür gücü	100 Kva	50 Kva
Elde edilen (s) değeri	3.5	3.5
Elde edilen (C) değeri	4.063	4.43
Verim	%97.35	%96
Ağırlıktaki azalış miktarı(%)	%10	%11

Çizelge 4.5.' te belirtilen genetik algoritmasında rastgele ve sınırlı mutasyon işlemi uygulanmıştır. Çizelgedeki değerler ise rastgele mutasyon işlemi uygulanmış değerlerdir. İki çalışmada ortak olarak yağlı tip trafonun optimizasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Kullanılan transformatörlerin görünür gücü farklı olarak seçilmiştir. Görünür güçteki farklılık göz önünde bulundurularak genetik algoritma ile ateş böceği algoritmasının optimizasyon işlemleri, bu işlemler aşamasında ele alınan parametre değerleri, algoritma karışıklığına göre karşılaştırma yapılmıştır.

FA sonucu bulunan ağırlık azalış oranı GA göre daha yüksek olduğu fark edilmektedir. GA' da işleme alınan iki mutasyon sonucu farklı değerler bulunup değerlendirilmiştir. Bununla beraber genetik algoritma çalışmasında rastgele ve sınırlı mutasyon işlemlerinde farklı nesil sayıları belirlenmiştir. Bu nesil sayıları rastgele mutasyonda 300 olarak belirlenirken sınırlı mutasyonda 600 olarak belirlenmiştir. Bu nesil sayıları belirlenirken ağırlıktaki değişim değerinin miktarı

göz önünde bulundurulmuştur. Sonuçlar her bir nesil sayısında 300 defa çalıştırılmış olup sonuçlar elde edilmiştir.

Ateş böceği algoritmasında önemli olan amaç fonksiyonun hangi değişkenlere bağlı olduğunu saptamak ve ateş böceklerinin konumlarını belirleyecek olan değişken sayısını belirlemektir. Ateş böceği algoritması farklı işlemlere (rastgele ve sınırlı mutasyon işlemleri) gerek duyulmadığından ve tek durum üzerinden değerlendirilmesinden dolayı genetik algoritmaya göre daha sade ve basit bir yapıdadır. Ateş böceği algoritması çalışmasında iterasyon sayısı ve popülasyon sayısı 10 olarak belirlenmiş ve 200 defa çalıştırılıp sonuçlar elde edilmiştir. Genetik algoritma çalışması ile kıyaslandığında bu verilerin daha düşük olduğu görülmektedir. Böylelikle ateş böceği algoritması ile daha az popülasyon sayısı, iterasyon sayısı ve simülasyonu çalıştırma sayısı sonucu verimli sonuçların daha kısa sürede elde edilebileceği gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda ateş böceği algoritmasının genetik algoritmaya göre daha avantajlı olduğu kanısına varılmıştır.

Literatürde yağlı tip transformatörün ağırlık optimizasyonuna dair yapılan çalışmalar ve toplam ağırlık miktarındaki azalış miktarı Çizelge 4.6.' da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Yağlı tip transformatör ağırlık optimizasyonları

Çalışmalar	Optimizasyon Tekniği	Optimize Edilen Parametreler	Ağırlıktaki azalış miktarı
Çelebi (2008)	GA	Akım yoğunluğu, demir kesit uygunluk faktörü	%10
Zile (2019)	FA-Karınca Koloni Algoritması(Hibrit Algoritma)	Transformatör tankını oluşturan birleşenler	%5-%15
FA ile yağlı tip trafo optimizasyonu	FA	Akım yoğunluğu, demir kesit uygunluk faktörü	%11

Transformatör ile yapılan çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda FA' nın transformatör ağırlık probleminin optimizasyonunda elverişli ve avantajlı optimizasyon yöntemi olduğu ve trafonun ağırlık değerinde makul miktarda azalış meydana getirdiği belirlenmiştir.



5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu bölümde çalışma sonucu belirtilmektedir ve gerek bu çalışma için olsun gerek ilerdeki çalışmalar için önerilerde bulunulacaktır.

5.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında yağlı tip trafonun ağırlığı optimize edilmiş ve trafo ağırlığı düşürülmüştür.

Ağırlık optimize işlemi FA ile MATLAB programında yapılmıştır. FA' nın temel parametreleri olan popülasyondaki birey sayısı ve iterasyon değeri 10 olarak belirlenmiştir. Ağırlık optimizasyon kodu 200 defa MATLAB programında denenmiştir. Programda belirtilen popülasyon sayısınca ateş böceği oluşturulmuş ve belirlenen iterasyon sayısınca ateş böceklerinin, ilk popülasyondan son kadar olan yönelme durumları incelenmiş ve bununla ilişkili olarak s ve C değişkenlerin ağırlığa etki edecek en doğru değerleri bulunmaya çalışılmıştır. Bununla beraber algoritma tarafından akım yoğunluğu ve demir kesit uygunluk faktörü için belirlenen en iyi değerlerine göre transformatörün optimizasyonunda transformatörün demir, bakır ve bunlara bağlı olarak toplam kayıp değerleri, manyetik akı, trafonun bacak kesidi ve verim değerleri incelenmiştir.

Çalışmada belirlenen iterasyon sayısınca her bir iterasyon sonunda oluşturulan popülasyondaki yeni bireylerin uygunluk değerlerinin düştüğü saptanmıştır. Bu sebeple ilk popülasyondaki ve son popülasyondaki ateş böceklerinin konumları ve buna bağlı olarak uygunluk değerleri esas alınmış ve bu popülasyonlar kıyaslanmıştır. Kıyaslama sonucunda transformatörün ağırlık düşüşü ile beraber transformatörün verim değerinin de düştüğü buna karşın transformatördeki toplam kayıp değerinin arttığı gözlemlenmiştir. Değerlerdeki düşüş ve artış gözlemlenmiş ve sonuç olarak s değeri ortalama olarak $3.50 A/mm^2$, C değeri ise $4.43 cm^2 joule^{-\frac{1}{2}}$ olduğunda trafo ağırlığının en optimal ve iyi düzeyde olduğu kanısına varılmıştır.

Neticede, her popülasyondaki bireye farklı değerlerde ait olan uygunluk değerine göre trafo ağırlığı gözden geçirilmiş ve ilk ve son popülasyonun oluşturduğu trafonun ağırlık değerlerine göre trafonun ağırlığında yaklaşık %11'lik bir düşüş meydana geldiği gözlemlenmiştir. Trafonun maliyeti ve maliyet ile ilişkili olan trafo ağırlı arasında doğru orantı vardır. Bu orantı ele alındığında ve diğer çalışmalarda bulunan ağırlık düşüş miktarları ile karşılaştırıldığında bu düşüş oranının trafonun maliyetini de aynı miktarda düşürebileceği kanısına varılmıştır. Bu da FA' nın trafo tasarımında ağırlık, maliyet değerlerinin optimize edilmesinde etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

5.2. Öneriler

İlerdeki çalışmalar, FA ile trafo tasarımında farklı değerler (verim, ağırlık, kayıplar vs.) optimize edilebilir. Bu çalışmanın devamı niteliğinde olabilecek bir çalışmada FA parametreleri (popülasyon ve iterasyon sayısı, rastgelelik değişken oranı vs.) farklı değerlerde denenerek trafo verimi, maliyeti ve ağırlığında ne gibi değişiklikler oluşturduğu incelenebilir. Bununla birlikte iyileştirilen FA örnekleri; değiştirilmiş ateş böceği optimizasyon algoritması (Aydilek, 2017), KAOA gibi algoritmalar (Pamuk, 2016), yapılacak olan çalışmalarda tasarımı gerçekleştirilecek olan trafo veya diğer elektrik makinelerine uygulanarak elde edilecek olan değerler normal FA algoritması sonucu elde edilen değerler ile kıyaslanarak avantajlar dezavantajlar incelenebilir.

KAYNAKLAR

- ABDELWANİS, M.I., ABAZA, A., EL-SEHİEMY, R.A, IBRAHİM, M.N and REZK, A., 2020. Parameter Estimation of Electric Power Transformers Using Coyote Optimization Algorithm with Experimental Verification. IEEE Access, vol. 8, 50037-50045.
- AKSU İ, Ö. and DEMİRDELEN T., 2018. A Comprehensive Study on the Dry Type Transformer Design with Swarm -Based Metaheuristic Optimization Methods for Industrial Application. Energy Sources Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects, 40(14),1743- 1752
- AICAN, Y., ÖZTÜRK, A. ve ÖZMEN, Ö., 2014. Yer Çekimsel Arama Algoritması İle Değişik Çalışma Koşulları İçin Transformatör Verim Optimizasyonu. Akademik Platform, 1-10.
- ALHAN, L., 2017. Dağıtım Transformatörlerinin Meta Sezgisel Algoritmalarla Tasarım Optimizasyonu. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sakarya, 97s.
- AYDİLEK, İ.B., 2017. Değiştirilmiş Ateş Böceği Optimizasyon Algoritması ile Kural Tabanlı Çoklu Sınıflama Yapılması. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 32(4), 1097-1107.
- BODUROĞLU, T. , 1952. Transformatörler Cilt1. Beta Basım, İstanbul, 427s.
- ÇELEBİ, M., 2007. Genetik Algoritma ile Yağlı Bir Trafonun Maliyet Optimizasyonu. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3(1), 41-48
- ÇELEBİ, M., 2008. Genetik Algoritma ile Kuru tip Trafonun Maliyet Optimizasyonu. ELECO, 189-193.
- DEMİRDELEN T., Optimal Design and Experimental Validtation Long-Lasting , Low-Loss Transformer for Low Power Renewable Energy System" Energy Sources Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects, 2019, 41(20),2534- 2548.
- DEMİRDELEN, T., 2018. Kuru Tip Transformatör Optimizasyonuna Yeni Bir Yaklaşım: Ateş Böceği Algoritması. Çukurova Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33(1),87-96.
- DEMİRDELEN, T., 2018. A New Heuristic Approach for Valume Calculation of Oil-Type Power Transformers: Firefly Algorithm. Majlesi Journal of Mechatronic Systems, 7(4), 41-46.
- ERDOĞMUŞ, P., 2016. Doğadan Esinlenen Optimizasyon Algoritmaları ve Optimizasyon Algoritmalarının Optimizasyonu. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4,293-304.
- ESENBOĞA, B. and DEMİRDELEN, T., 2020.Efficiency and Cost Based Multi-Optimization and Thermal /Electromagnetic Analyses of 3-Phase Dry Type Transformer. IETE Journal of Research, <https://doi.org/10.1080/03772063.2020.1732841> .
- KUL, S., CELTEK, S.A and ISKENDER, I., 2021. Metaheuristic Algorithms Based Approaches for Efficiency Analysis of Three-Phase Dry-Type Transformers. Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9(4), 889-903.

- MUTLUER M. and BİLGİN O., 2012. Application of Genetic Algorithm in Design Optimization of a Permanent Magnet Synchronous Motor. Batman University International Participated Science and Culture Symposium. 1(2), 233-239.
- ÖZSAĞLAM, M.Y ve ÇUNKAŞ M., 2008. Optimizasyon Problemlerinin Çözümü için Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması. Politeknik Dergisi,11(4), 299-305.
- PAMUK,N., 2016. Kaotik Ateş Böceği Optimizasyon Algoritması Kullanılarak Termik Güç Santralleri Etkisindeki Ekonomik Yük Dağılımı Problemlerinin Çözümü. Pamuk/ Kırklareli University Journal of Engineering and Science, 2, 38-59.
- SENTHILKUMAR, S., KARTHICK, A., MADAVAN, R., ARUL MARCEL MOSHI, A., SUNDARA BHARATHI, R., SOROJA,S. and SOWMYA DHANALAKSHM, C., 2021. Optimization of Transformer Oil Blended with Natural Ester Oils Using Taguchi-Based Grey Relational Analysis. FUEL. www.elsevier.com/locate/fuel
- TOSUN, S., ÖZTÜRK, A., DEMİR, H. ve KURU, L., 2012. Kuru Tip Transformatörün Tabu Arama Algoritması Yöntemi ile Ağırlık Optimizasyonu, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 1(1), 17-26.
- TÖREN, M. and ÇELEBİ M., 2016. Weight Comparison of Oil and Dry Type Distribution Transformers. International Journal of Electrical and Computer Engineering, 10(7), 942-947.
- WANG, T., LIU, J.,WANG, Y. and HUI, L., 2020. Optimization of Structural Parameters for a New-Type Magnetic Integration Structure CRT Considering Loss and Cost. IEEE Access, vol.8, 68525-68532.
- YANG, X.S., and XINGSHI H., 2013. Firefly Algorithm: Recent Advances and Applications. Int. J. Swarm Intelligence, Vol. 1, No. 1,. DOI: 10.1504/IJSI.2013.055801, pp. 36–50.
- YANG, X.S., 2010. Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms. Luniver Press, University of Cambridge, United Kingdom, 147p.
- YENİPİNAR B., YILMAZ C. ve IŞIK M.F, 2018. Asenkron Motorlarda Rotor Oluğunun Farklı Optimizasyon Yöntemleri ile Optimizasyonun Gerçekleştirilmesi ve Performansa Etkilerinin İncelenmesi. Politeknik Dergisi, 21(1), 1-6.
- ZİLE, M., 2020. Optimal Desing of Power Transformer Tank Using Ant/Firefly Hybrit Heuristic Algorithm. Turkish Journal of Engineering(TUJE), 4(1), 17-22