



**POTA FIRINLARINDA OPTİMUM SEVİYEDE
ENDÜKTANS AYARLAMASI YAPILARAK
REGÜLASYON İŞLEMİ**

**2023
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

Zeynep Pelin KARACAMEYDAN

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Necmi Serkan TEZEL**

**POTA FIRINLARINDA OPTİMUM SEVİYEDE ENDÜKTANS
AYARLAMASI YAPILARAK REGÜLASYON İŞLEMİ**

Zeynep Pelin KARACAMEYDAN

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Necmi Serkan TEZEL

T.C.

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Ocak 2023

Zeynep Pelin KARACAMEYDAN tarafından hazırlanan “POTA FIRINLARINDA OPTİMUM SEVİYEDE ENDÜKTANS AYARLAMASI YAPILARAK REGÜLASYON İŞLEMİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr.Necmi Serkan TEZEL

.....

Tez Danışmanı, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 20/01/2023

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Necmi Serkan TEZEL (KBÜ)

.....

Üye : Prof. Dr. Ziyadulla YUSUPOV (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Zafer ALBAYRAK (SUBU)

.....

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

Prof. Dr. Müslüm KUZU

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

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

Zeynep Pelin KARACAMEYDAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

POTA FIRINLARINDA OPTİMUM SEVİYEDE ENDÜKTANS AYARLAMASI YAPILARAK REGÜLASYON İŞLEMİ

Zeynep Pelin KARACAMEYDAN

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Necmi Serkan TEZEL

Ocak 2023, 32 sayfa

Entegre Demir Çelik Tesislerinin üretilen çeliğin kalite ve sıcaklığını ayarlama da önemli bir rol oynayan ikincil metalurjik tesislerden biri olan Pota Fırınlarında elektrot sarfiyatının en az seviyede tutulması için birçok yöntem bulunmaktadır. Bu tesislerde optimum güçte ideal güç faktöründe kararlı ark oluşturulması amaçlanmıştır.

İdeal güç faktörünü elde edebilmek için devreye seri olarak reaktör ilavesinin uygun olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Pota fırını, regülasyon, optimizasyon

Bilim Kodu : 90513

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

REGULATION PROCESS WITH OPTIMUM LEVEL INDUCTANCE ADJUSTEMENT IN LADLE FURNACES

Zeynep Pelin KARACAMEYDAN

Karabük University

Institute of Graduate Programs

Department of Electrical and Electronics Engineering

Thesis Advisor:

Prof.Dr. Necmi Serkan TEZEL

January 2023, 32 pages

Ladle Furnaces, which are one of the permanent metallurgical facilities that play a major role in adjusting the quality and preservation of the steel produced by the Integrated Iron and Steel Facilities, have many methods to keep the electrode consumption at a minimum level. Arc configurations at optimum power factor for this use.

In order to obtain the ideal power factor, it has been determined that adding reactors in series is appropriate.

Key Word : Ladle furnace, regulation, optimization

Science Code : 90513

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren, çalıőmama farklı açılardan bakmamı sağlayan sayın hocam Prof.Dr. Necmi Serkan TEZEL'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Çalıőmamın gerçekleşmesine sağladığı imkânlardan dolayı Kardemir A.Ő.'ye teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında desteklerini esirgemedен yanımda oldukları için değerli annem Kadriye BAYAR, kız kardeşim Aleyna Elif ÖREN ve eşim Ali KARACAMEYDAN'a sonsuz őükranlarımı sunar, tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
ENTEĞRE TESİSLERDE DEMİR-ÇELİK ÜRETİMİ	4
2.1. GİRİŞ.....	4
2.1.1. Kok Fabrikası.....	6
2.1.2. Sinter Tesisleri	6
2.1.3. Yüksek Fırınlar	7
2.1.4. Konverterler (Basic Oxygen Furnaces)	8
2.1.5. Pota Fırını	9
2.1.6. Sürekli Döküm Tesisleri	10
2.1.7. Haddehaneler	10
BÖLÜM 3	12
POTA FIRINLARINDA ELEKTRİK SİSTEMİ.....	12
3.1. GİRİŞ.....	12
3.1.1. Pota Fırını Özel Şalterine Sahip Orta Gerilim Hücresi	13
3.1.2. Pota Fırını Özel Trafosu	15
3.1.3. Çıkış Baraları	16
3.1.4. Yüksek akım Kabloları	16

	<u>Sayfa</u>
3.1.5. Elektrot Tutucular	16
3.1.6. Elektrotlar	16
BÖLÜM 4	17
ARK OLUŞUMU VE REGÜLASYON	17
4.1. ELEKTRİK ARKININ OLUŞTURULMASI.....	17
4.2. REAKTANS DEĞERİNİN ARTIRILMASI.....	23
4.3. GÜCÜN ARTTIRILMASI.....	23
4.4. POTA FIRINI REGÜLASYONU	24
4.4.1. Sabit Empedans Kontrolü	25
4.4.2. Sabit Ark Gerilimi Kontrolü.....	26
4.4.3. Sabit Ark Direnci Kontrolü	26
4.4.4. Sabit Aktif Güç Kontrolü	26
4.5. OPTİMİZASYON	27
BÖLÜM 5	29
SONUÇLAR	29
KAYNAKLAR	31
ÖZGEÇMİŞ	32

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Konverterden sürekli döküme kadar olan süreç.....	2
Şekil 1.2. Pota Fırını 3D Görsel.	3
Şekil 2.1. Entegre demir çelik tesislerine ait üretim akış şeması.	4
Şekil 2.2. Dökümden önce hammaddeden sıvı çeliğe kadar ana işlem adımlarını gösteren akış diyagramı	5
Şekil 2.3. Sinter Tesisi akış şeması	7
Şekil 2.4. Yüksek Fırın Tesisi akış şeması.....	8
Şekil 2.5. Torpedoda Kükürt Giderme ikincil metalurji örneği.	9
Şekil 2.6. Pota Fırını prensip şeması.	10
Şekil 3.1. Pota Fırını Elektrik Ekipmanları.	13
Şekil 3.2. Pota Fırını Özel Kesicisi Tekhat Gösterimi.	14
Şekil 3.3. Özel Pota Fırını Trafosu Görseli.....	15
Şekil 4.1. Ark gerilimi ve akımının temel davranışları ($\text{Cos}^\varphi=0,95$).	18
Şekil 4.2. Ark gerilimi ve akımının temel davranışları ($\text{Cos}^\varphi=0,89$).	18
Şekil 4.3. Ark gerilimi ve akımının temel davranışları ($\text{Cos}^\varphi=0,707$).	19
Şekil 4.4. Pota Fırını eşdeğer devresi.....	20

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

%	: yüzde
°C	: santigrat derece
A	: amper
$\text{Cos}\varphi$: güç faktörü
cm	: santimetre
cm^2	: santimetre kare
kV	: kilovolt
kW	: kilowatt
m	: metre
m/s	: metre/saniye
max.	: maksimum
min.	: minimum
mm	: milimetre
mm^2	: milimetre kare
V	: volt
W	: watt
U_e	: Ortak bağlantı noktasındaki faz-faz gerilimi
X	: Tüm devre reaktansı
R	: Tüm devre direnci
R_a	: Ark direnci
X_T	: Ortak bağlantı noktası ile fırın trafosu arası reaktans
R_T	: Ortak bağlantı noktası ile fırın trafosu arası direnç
X_O	: Trafo + Fırın reaktansı
R_O	: Trafo + Fırın direnci
P_{max}	: Maximum görünür güç
Q_{max}	: Maximum reaktif güç

I_a : Ark akımı
 U_e : Gerilim
 Z : Empedans

KISALTMALAR

3D : Three Dimensional (Üç Boyutlu)
BOF : Basic Oxygen Furnace(Konverter)
LF : Ladle Furnace(Pota Fırını)
VAD : Vaccum Deslaging

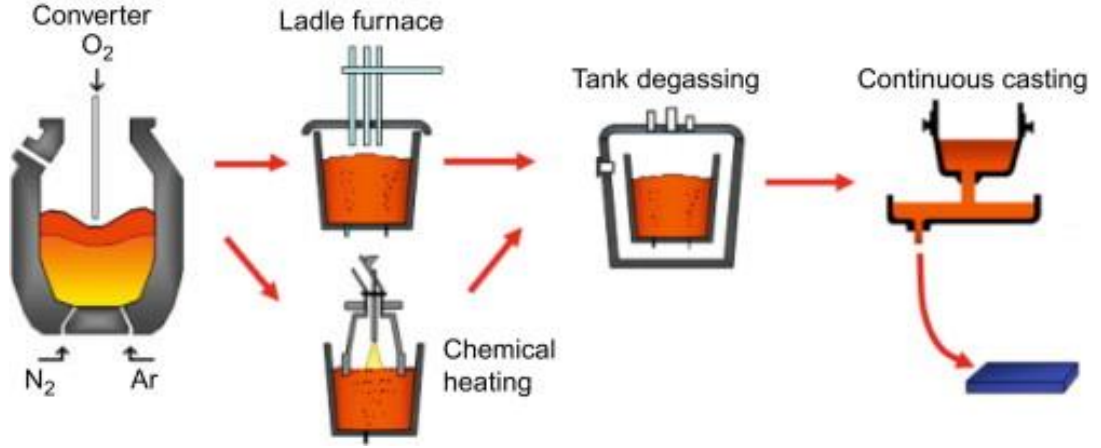
BÖLÜM 1

GİRİŞ

İlk pota fırınları 1960'ların ortalarında İsveç'te ASEA tarafından inşa edildi. ASEA firması iki kapağa sahip oda benzeri bir tarafı vakum diğer tarafı ısıtmak için kullanılan içinde üç adet elektroda sahip kapağı olan bir yapıda pota fırınının ilk halini elde etmiş oldu. Aynı dönemlerde diğer bir yöntem olan Finkl-Mohr işlemi vakum geçirmeyen tek bir kapağa sahipti. Bu teknoloji elektrotlar nedeniyle zorlu bir yapıya sahipti. Ve bu teknolojinin adı VAD (Vaccum Deslaging) olarak anılırdı. ASEA firması potaların içinde endüktif karıştırma adı verilen endüktif güç uygulayarak paslanmaz çelikten yaptığı endüksiyon bobini ile elde ettiği karıştırma yöntemini kullanmıştır.

Yeni devreye alınan pota ocağı için çelik rafinasyonu bırakıldı. Büyük transformatörler tanıtıldı; köpüren cüruf uygulamasını benimseyerek mümkün olan ultra yüksek güçlü fırınlar geliştirildi. Bu şekilde, dökünden döküme suresi döküm zamanına yaklaştı [1].

Günümüzde ısıtma üniteleri çoğunlukla vakum ünitesinden ayrılmaktadır Isıtma tesisatına pota fırını (LF-Ladle Furnace) denir. Tipik olarak, çeliği dolaştırmak ve ısıtma verimliliğini artırmak için pota tabanından argon köpüğü oluşur. Ayrıca elektromanyetik karıştırma da mümkündür. Pota fırınındaki elektrik gücü elektrik ark ocaklarına kıyasla oldukça ılımlıdır. Gerekli ısıtma enerjisi, sadece istenen sıcaklık artışına değil, potaya eklenen alaşımların miktarına ve termal özelliklerine (özgül ısı) da bağlıdır. Pota fırını ısıtma dışında cüruf, Ca-işleme ve diğer alaşımlama ve düzeltme ilaveleri ile kükürt giderme yapmak için mükemmel bir yerdir. Şekil 1'de konverterden pota fırınına, vakumlama işleme ve döküme kadar olan süreç ana hatları şeması verilmiştir.

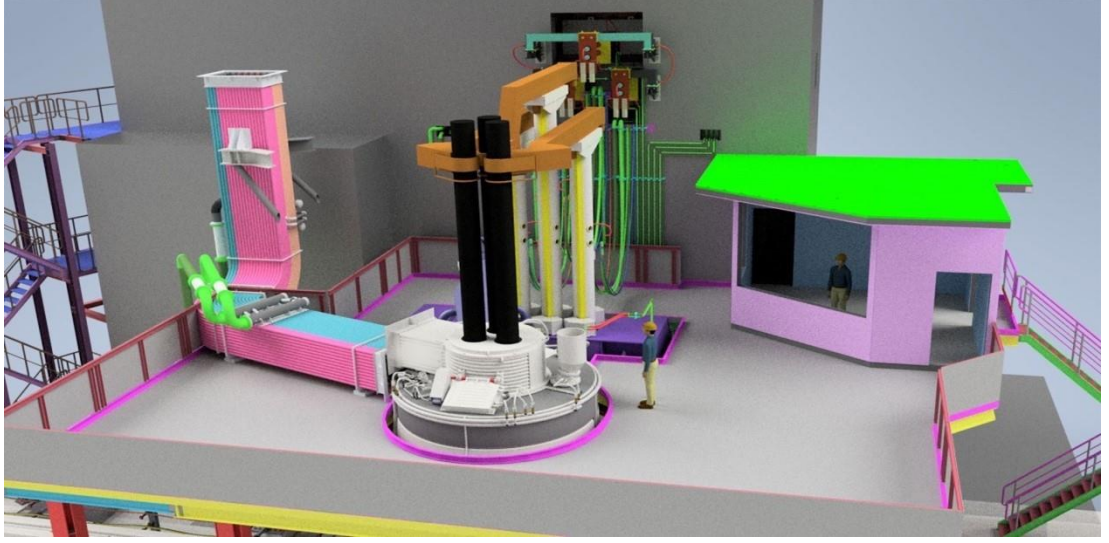


Şekil 1.1. Konverterden sürekli döküme kadar olan süreç [2].

İkincil metalurji, modern çelik üretim sürecinin çok merkezi bir parçasıdır. Çeliklerin nihai bileşiminin ve hatta özelliklerinin belirlendiği ve ayarlandığı çeşitli farklı birim süreçleri anlamına gelir. İkincil çelik üretimindeki tipik birim işlemler, deoksidasyon, kükürt giderme, gazdan arındırma, dekarburizasyon, alaşımlama ve düzeltme ilaveleri ile ısıtma ve sıcaklık ayarıdır.

Tipik olarak, pota fırınlarında vakum arıtma üniteleri ve durulama istasyonları, çelik numune alma ve analize dayalı kontrollü ilaveler için alaşım bunkerleri ve cihazları vardır [2].

Pota Fırınlarında elektriksel ve sıcaklık verimliliği için teknik parametreler vardır. Bunlar; potanın astarı, refrakter, elektrotların eğimi, ön ısıtmalı olması ve yüksek sıcaklıkta olmasıdır.



Şekil 1.2. Pota Fırını 3D görsel.

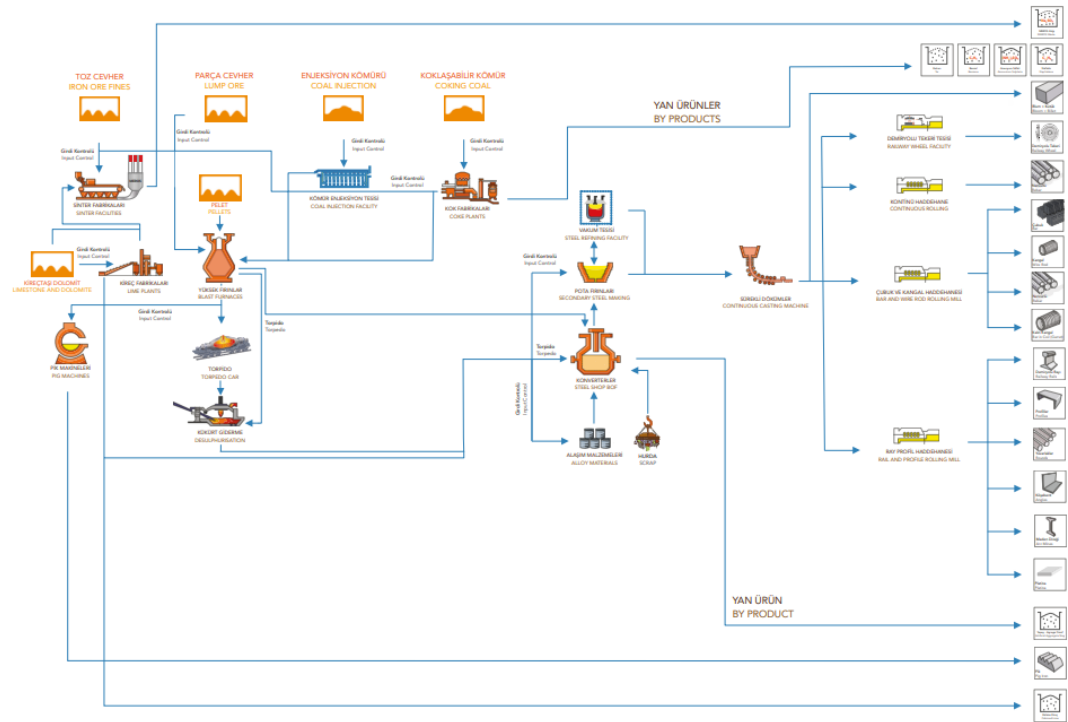
Pota fırını, özellikle bir çelik kalitesinden diğerine geçişler sırasında çelik bileşiminin ayarlanması için entegre süreçte kilit bir role sahiptir.[2]

BÖLÜM 2

ENTEĞRE TESİSLERDE DEMİR-ÇELİK ÜRETİMİ

2.1. GİRİŞ

Günümüzde demir çelik üretim teknolojisi genel olarak hammadde ile başlayan yarı mamul çelik üretimi dahil üretim basamaklarından oluşmaktadır. Hammadde olarak demir cevheri kullanılan Entegre Demir Çelik Tesisleri'nde öncelikle pik ve sıvı çelik üretildikten sonra nihai ürünlerin üretilmektedir. Bazı tesislerde cevhere ek olarak hurda metaller de kullanılmaktadır. Şekil 2'de Entegre Demir Çelik Tesisleri'nde üretim akış şeması verilmiştir.



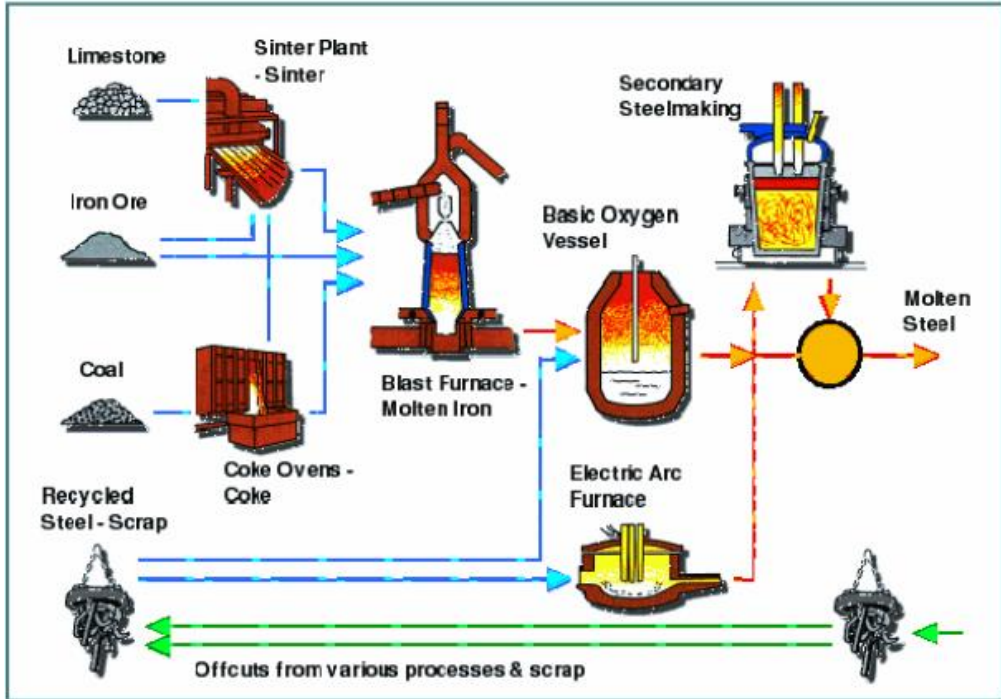
Şekil 2.1. Entegre demir çelik tesislerine ait üretim akış şeması [3].

Bu tesislerde hammadde olarak demir cevheri, hurda, kömür, kireç ve kireç taşı, katkı maddeleri, yardımcı maddeler, yan ürünler ve atıklar kullanılmaktadır.

Hammaddeler tesise karayolu, demiryolu ve denizyolu ile ulaşmaktadır. Çoğunlukla stok sahasında depolanan hammaddeler konveyör bantlar aracılığı ile ilgili ünitelere taşınmaktadır. Üretimde yerli veya ithal kömür ve demir cevheri kullanılmakta olup üretim süreci hammaddenin tesislere gelmesi ile başlamaktadır. Yüksek fırın prosesinden önce cevher hazırlama adımının amacı hammaddeleri zenginleştirerek üretim verimini artırma ve bu sayede sıvı demir üretimini daha uygun fiyata gerçekleştirmektir.

Entegre Demir Çelik Tesisleri içerisinde aşağıda verilen fabrikaları içermektedir.

- Kok fabrikası
- Sinter fabrikası
- Yüksek fırınlar
- Konverter (Basic Oxygen Furnace)
- Pota Fırını ve İkincil metalürji tesisleri
- Sürekli döküm tesisleri
- Haddehaneler



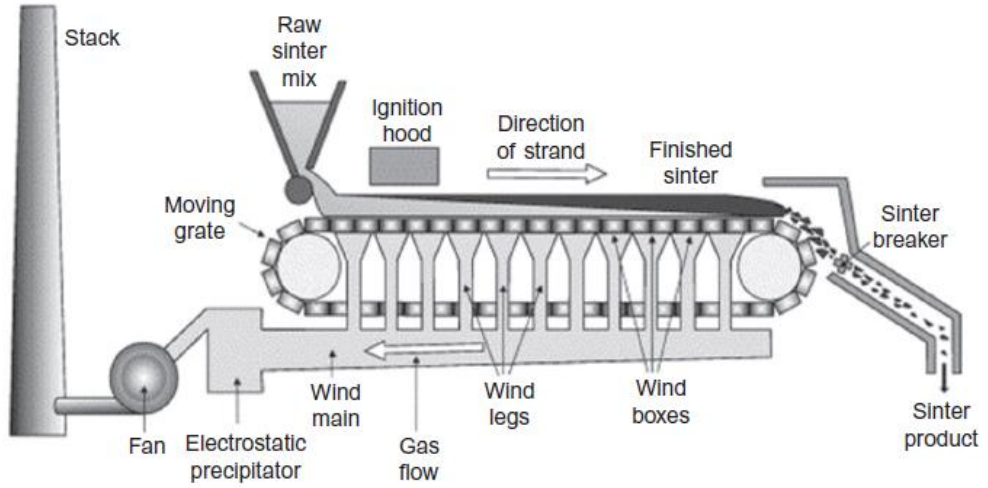
Şekil 2.2. Dökümden önce hammaddeden sıvı çeliğe kadar ana işlem adımlarını gösteren akış diyagramı [4].

2.1.1. Kok Fabrikası

Kok tesislerinde nitelikli taş kömürü metalurjik koka dönüştürülerek yüksek fırının enerjisini sağlanmış olur. Tesis dışından sevk edilen ve sahada stoklanan koklaşabilir nitelikteki kömürler bant konveyörleri yardımıyla kömür kırıcısına gelir. Burada tanecik boyutuna kırılması işleminden sonra karıştırma silolarına aktarılır. Silolarda biriken tanecik kömürler mikserde harmanlanır. Harmanlanmış kömür bant konveyörleri yardımıyla batarya silolarına gelir. Fırınlara şarj edilen kömür, yüksek sıcaklıkta ve oksijensiz ortamda koka dönüştürme işlemi esnasında içeriğinde yer alan uçucu maddelerden arındırılır Koka dönüştürme işlemi tamamlandıktan sonra söndürme kulelerinde su ile söndürülen ve kırma-eleme işlemi yapılarak metalürjik kok elde edilmiş olur. Birtakım işlemlerden sonra elde edilen temiz kok gazı busterler vasıtası ile ünitelere sevk edilir.

2.1.2. Sinter Tesisleri

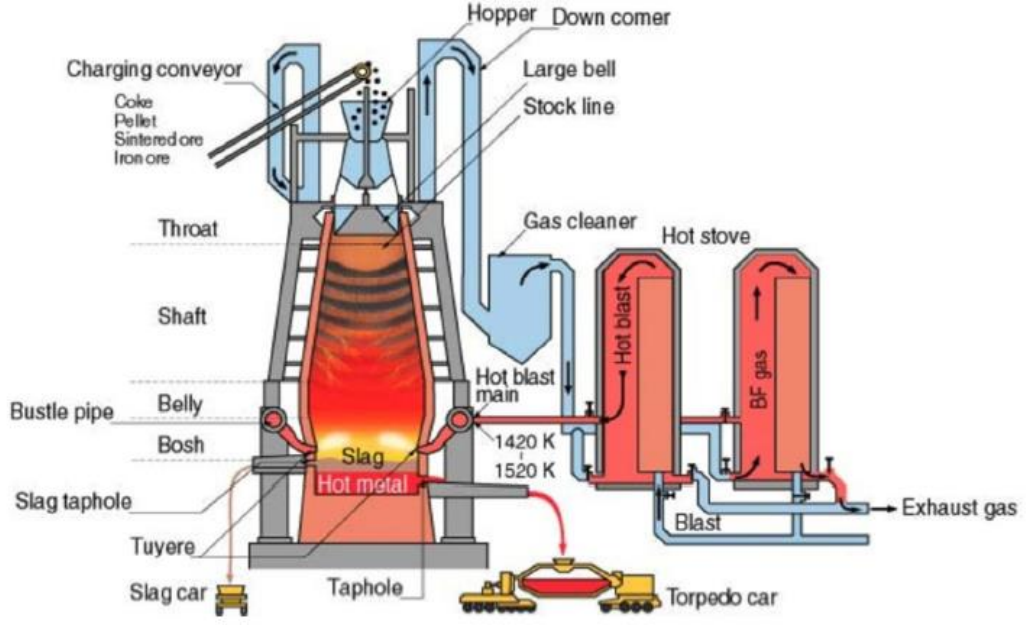
Sinter tesislerinde yüksek fırın tesisinde direkt hammadde olarak malzemelerin ısıtılarak uygun boyutlarda elde edilerek kullanıma hazır hale getirilmektedir. cevher, demirli baca tozları ve tufal gibi malzemeler bu tesiste sinterleştirilmektedir. Materyal, yumuşama meydana gelene ve ince taneler birbirine bağlanana kadar yüksek sıcaklıklarda oksitlenir.[2] Sinterleme işleminden sonra uygun boyuttaki malzemeler konveyör bantlar yardımıyla indirgenmek için yüksek fırın tesisine gönderilir. Sinterleme karışımında demir içeren baca tozu, tufal, cevher gibi malzemelerin yanı sıra kok tozu, su, cüruf ve kireç taşı gibi katkı maddeleri ve boyut olarak küçük olan sisteme geri dönen sinter yer almaktadır. Sinterleme karışımı malzemeleri sinter ocağında serilerek kok gazının tutuşturulmasıyla ergime sıcaklığı altında ısıtılır. Nihai ürün yani sinter elendikten sonra yüksek fırına sevk edilir.



Şekil 2.3. Sinter Tesisi akış şeması [5].

2.1.3. Yüksek Fırımlar

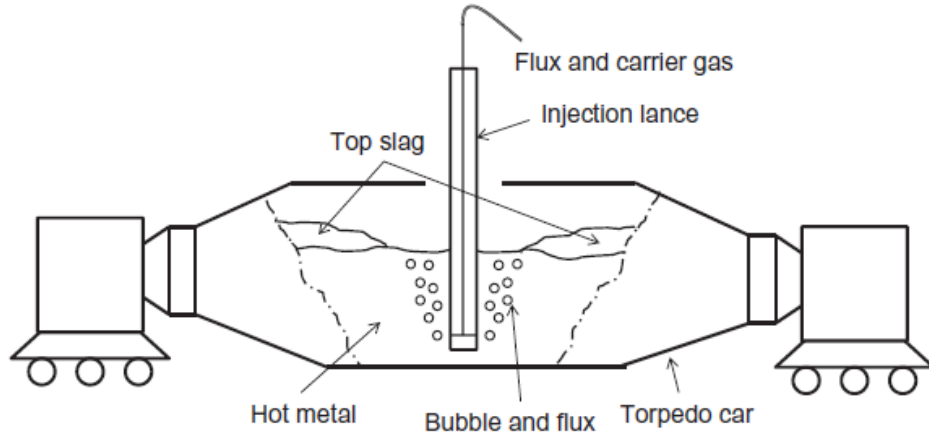
Yüksek fırın, demir cevheri ile metalürjik koktan elde edilen karbonmonoksitin (CO) reaksiyona girip sıvı ham demire dönüşmesini sağlayan dikey ergitme fırınıdır. Sürekli ve ters akımlı çalışma prensibine sahip olan yüksek fırında; demir cevheri, metalürjik kok ve yardımcı hammaddeler şarj edilirken yukarıdan aşağıya doğru iner. Ancak aşağıdan yukarıya üflenen hava ile yakılan metalürjik kok ile oluşan gaz, aşağıdan yukarıya doğru çıkarak kimyasal reaksiyonların oluşmasını sağlar. Yüksek fırın sırasıyla boğaz, gövde, bel, karın ve hazne olmak üzere toplam 5 bölgeden oluşmaktadır. Karın bölgesinde sıcaklık 1250 °C'ye kadar ulaşır. Bu bölgede demir oksit (Fe_2O_3) kısmi olarak indirgenmesi ile birlikte kok reaksiyonu da başlamış olur. Kok reaksiyonu tüyer bölgesinde devam ederken sıvı maden ve cüruf dışarı atılır. Reaksiyon sonucu oluşan gazlar gaz yıkama ünitesine borular ile ulaştırılır. Torpidolara dolan sıvı ham demir ilk durağı olan kükürt giderme tesislerinde kükürt giderme işlemi yapılması için gönderilir.



Şekil 2.4. Yüksek Fırın Tesisi akış şeması [6].

2.1.4. Konverterler (Basic Oxygen Furnaces)

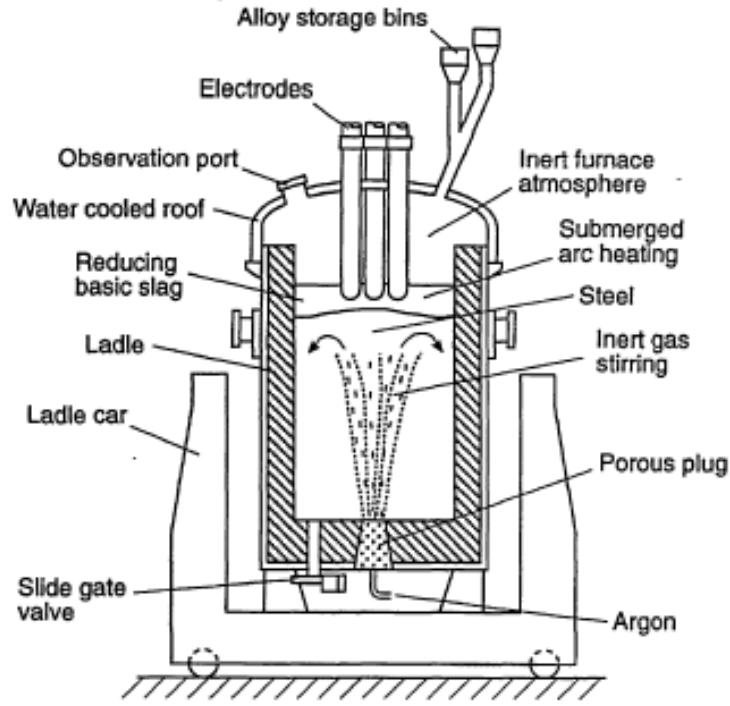
Yüksek fırından torpidolar yardımı ile gelen sıvı ham demir torpido devirme veya maden çukuru adı verilen tesislere gelir. Buradan ısı kaybını engelleyecek şekilde tasarlanan gagalı potalara dökülen demir konvertere şarj edilmek için hazır hale gelir. BOF sisteminde pik demir ile birlikte hurda şarjı da yapılır. Oksijen üfleme yapılarak pik demir oksidasyon işlemi ile içerisindeki safsızlıklar atık gaz veya cüruf olarak sistemden uzaklaştırılmış olur. Ergime işlemi ve sıcaklığın artması ekstra bir enerjiye ihtiyaç duymadan oluşan kimyasal reaksiyonlar ile sağlanmaktadır. Kaliteli çelik elde etmek ve cüruf oluşturmak için malzeme taşıma sistemi konveyör bantları yardımı ile bunkerlerden ilave edilir. İlave edilen tüm malzemeler yüksek sıcaklıktaki sıvı demirin sıcaklığını düşürmekte ve çeliğe dönüşümünü sağlamaktadır. Lansların yardımı ile oksijen üflenmesi ve istenilen kalitede çelik üretilmesinden sonra döküm işlemi başlamaktadır. Konverter eğilerek döküm pozisyonuna getirilip çeliğin ve cürufun ayrı potalara dökülmesi sağlanır. Ham çelik potaları ikincil metalürji tesislerinde istenilen kalite ve içeriğe göre hazırlanması için tavan vinçleri yardımı ile gönderilir.



Şekil 2.5. Torpedoda Kükürt Giderme ikincil metalurji örneği.

2.1.5. Pota Fırını

Kullanıcıların özellikle kritik uygulamalar için daha yüksek kaliteli çeliğe olan talebi ve sıralı sürekli dökümün ortaya çıkışı, çelik fabrikalarının çeliğin yeniden ısıtılması için pota fırınları kurmasını gerekli kılmıştır.[2]Çelikhanede üretilen sıvı çelik, 1.650-1.700°C sıcaklıkta potalara dökülerek tavan vinçleri vasıtasıyla ikincil metalurji tesislerine transfer edilir.[7] Pota fırınına gelen potalardaki sıvı çelik sıcaklığı kontrol edildikten sonra sıcaklık düşükse grafit elektrotlar sıvı çelik içerisine daldırılır. Elektrot uçları ve sıvı çelik arasında oluşturulan ark enerjisi ile ısıtılır. Isıtılan sıvı çelik istenilen kalite ve mamüle göre reçetelendirilen katkı maddeleri ile alaşımlandırılır. Alttan karıştırma sistemi ile pota altından argon üflenerek alaşımların çelik ile karıştırılması sağlanır.



Şekil 2.6. Pota Fırını prensip şeması [5].

2.1.6. Sürekli Döküm Tesisleri

İstenilen kalite ve sıcaklığa getirilen sıvı çelik potaları tavanda yer alan döküm vinçleri yardımı ile tandiş adı verilen depolara altında yer alan deliklerin açılması ile boşaltılır. Tandişlerden kontrollü bir şekilde kalıpların yer aldığı yol adı verilen bölgelere kesintisiz olarak dökülmesi sağlanır. Kalıplardan geçerken soğutulan sıvı çelik kısmi olarak katılaşarak istenilen boyut ve şekillerde elde edilir. Daha da katılaşması ve soğuması için soğutma ızgarasına alınarak geçici olarak depolanır.

2.1.7. Haddehaneler

Sürekli döküm tesisinden elde edilen katılaşan ve soğuyan kütük veya blumler magnetli tavan vinçleri ile yüklenerek demir yolu veya kara yolu yardımı ile haddehanelere sevk edilir. Alev yardımı ile yüzey temizliği, taşlama, tufal giderme, kesme ve dilimleme gibi işlemler haddehanelerde gerçekleştirilir. İstenilen özellik ve boyutta ray, çubuk, kangal, filmaşın, slab, profil, teker gibi nihai ürünler haddeleme işlemi sonucunda elde edilir. Bu işlem sıcak ve soğuk olarak yapılabilir. Farklı

tipteki ürünlerin farklı prosesleri olduğundan haddehaneler ürünlere göre ayrı birer fabrika gibidir. Her nihai ürün kendine has haddehanede üretilir.

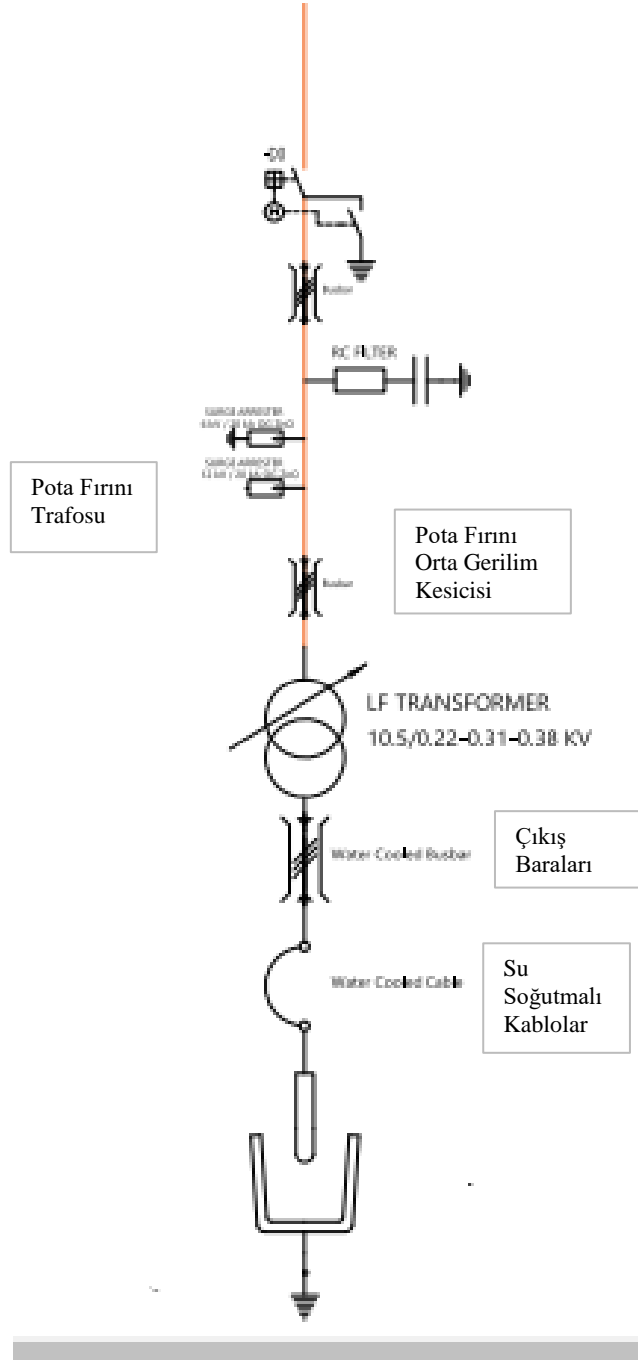
BÖLÜM 3

POTA FIRINLARINDA ELEKTRİK SİSTEMİ

3.1. GİRİŞ

Pota Fırını denince elektrik sistemi tabanlı bir tesis olması nedeniyle devreler halinde incelenmesi gerekliliği doğmuştur. İki devreden oluşan pota fırınları genellikle özel pota trafosu ile ayrılmaktadır. Primer devre; besleme noktası, düşürücü trafo ve pota fırını özel orta gerilim şalterine sahip hücreden oluşur. Sekonder devre ise pota fırını özel trafosu ile birlikte kademe değiştirici şalter, çıkış barası, yüksek akım kabloları, elektrot tutucular ve elektrotlardan oluşur.

Primer devrenin başladığı kabul edilen besleme noktası kullanıldığı tesisin gerilim alt yapısına göre 154kV, 3300V, 10500V gibi farklı gerilim değerlerinde olabilir.

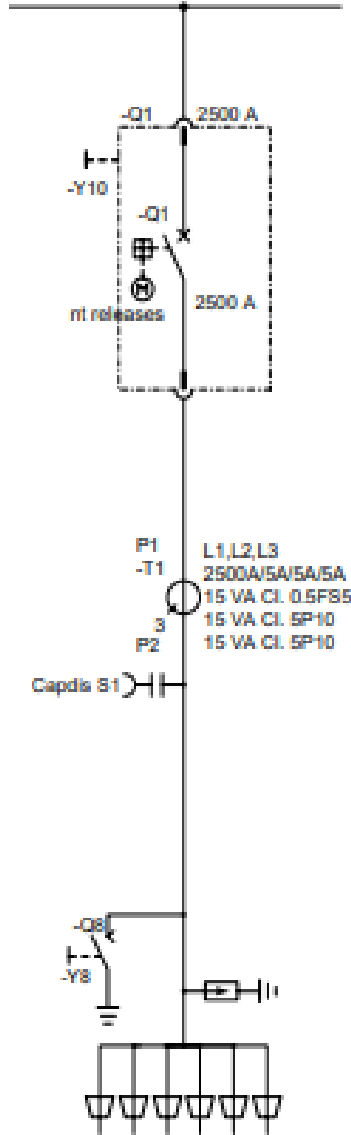


Şekil 3.1. Pota Fırını Elektrik Ekipmanları.

3.1.1. Pota Fırını Özel Şalterine Sahip Orta Gerilim Hücresi

Gerilim değerlerine uygun düşürücü trafolar ile genellikle 10500V olarak imal edilen 120.000 kez açma-kapamaya uygun özel pota fırını orta gerilim hücreleri beslenir. Pota fırını özel kesicili hücre sistemin en fazla çalışan ekipmanlarının başında yer alır. Daha önceleri SF6 dielektrik gazlı olarak üretilen kesiciler hücrelerde

kullanılırken son yıllarda sera gazı etkisi nedeniyle ve gelişen teknoloji ile yerini vakumlu kesicilere bırakmıştır. Açma-kapama işlemi esnasında oluşan arkın sönmülmesi ve basıncın tahliyesi için uygun yapıya sahiptir.



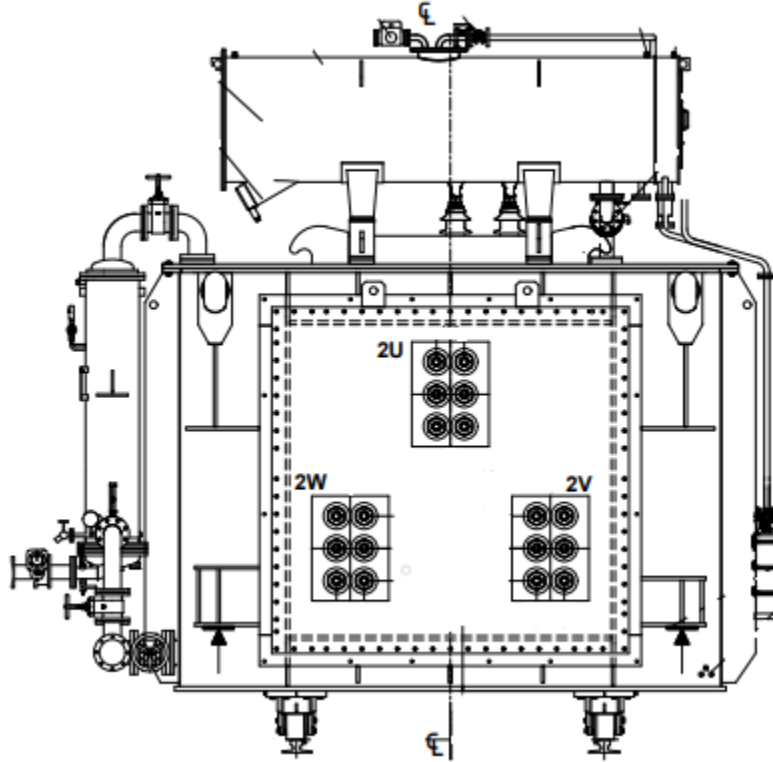
POTA FIRINI
TRAFOSU

Şekil 3.2. Pota Fırını Özel Kesicisi Tekhat Gösterimi.

3.1.2. Pota Fırını Özel Trafosu

Sekonder devrede yer alan pota fırını özel trafosu genellikle üçgen bağlantılı olarak tercih edilir. Trafo gücü hesabı ton sıvı çelik kapasitesinin de dahil olduğu hesaba göre yapılır. 100kA'e kadar yüksek ikincil akım değerlerine çıkması nedeniyle oluşan darbelere dayanıklı olabilmesi için sargıları özel olarak sağlamlaştırılarak ve izole edilerek imal edilmektedir.

Yine yük altında kademe değiştirme özelliğini sağlayan kademe değiştirici (tap changer) salter panosu ile birlikte üretilip kullanılmaktadır. Direnç geçiş prensibine sahip yük altında kademe değiştirici, transformatörün gerilim ayar sargısının kademelerini yük altındayken değiştirebilir. Kademe değiştiricinin transformatörün işleminde hareketli kontaklar, ayırıcı anahtarın ileri ve geri anahtarlama ile birlikte ve dönüşümlü olarak kademe seçmek için bulunurlar.



Şekil 3.3. Özel Pota Fırını trafosu görseli.

3.1.3. Çıkış Baraları

Trafonun sekonder tarafında yer alan bakır çıkış baralarıdır. Yüksek akım kablolarının bağlandığı baralar akım taşıma kapasitelerine göre uygun kesitlerde imal edilir. Mümkün olduğunca trafonun çıkışı ile yakın mesafede kullanılması titreşimin az olmasını sağlar. Uygulamalarda koruma amaçlı etrafının dielektrik koruyucu plakalar ile kapatılması uygundur.

3.1.4. Yüksek akım Kabloları

Elektrot kollarına akımı taşıyan ve çıkış baralarına bağlanan su soğutmalı kablolardır. Su soğutmalı olmasının nedeni üzerinden geçen akım miktarının fazla olmasını sağlayarak daha küçük kesitte kablo kullanılmasıdır. Elektrot hareketleri nedeniyle hareketli ve esnek ergonomiye sahip olan kablolar su soğutmalı borular yardımı ile soğutulur.

3.1.5. Elektrot Tutucular

Akım iletken kollar yardımı ile yüksek akım kablolarına bağlanan elektrot tutucular elektrot ile iyi bir kontak sağlamalıdır. Pnömatik bir sisteme sahip elektrot tutucular valfler ile kontrol edilmektedir. Elektrotları belli bir güçte tutmaları gerekmektedir.

3.1.6. Elektrotlar

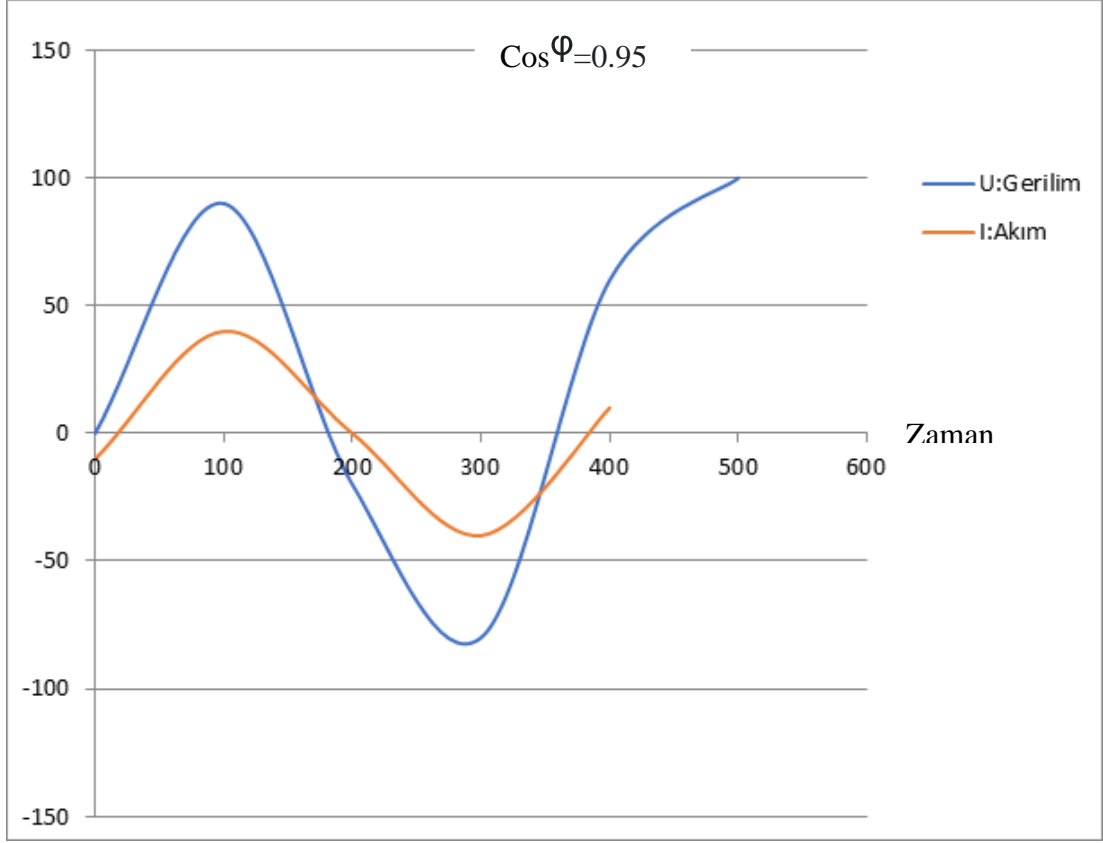
Ark elektrot ucu ve sıvı çelik arasında olduğundan elektrotlar pota fırını için önemli elemanlardır. Elektrot çapı trafonun gücüne göre değişir ve hesaplanır. Sık değiştirilen sarf bir malzeme olan elektrot sarfiyatı işletme açısından önem taşır.

BÖLÜM 4

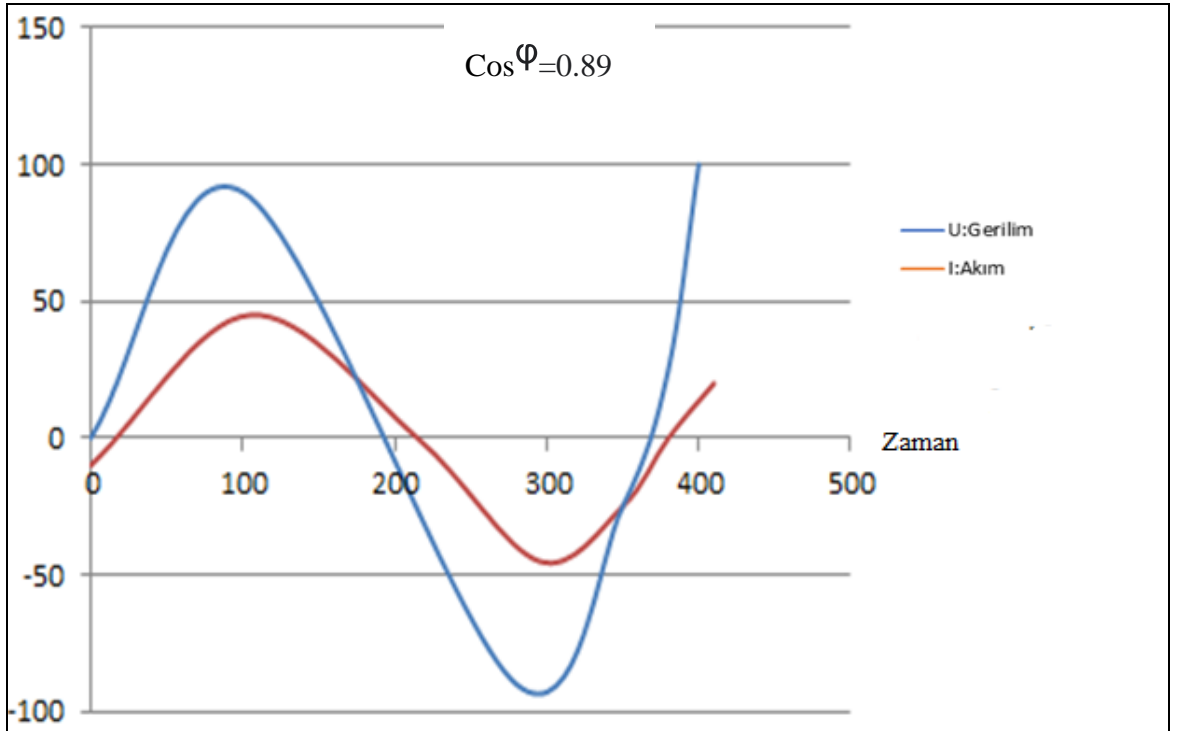
ARK OLUŞUMU VE REGÜLASYON

4.1. ELEKTRİK ARKININ OLUŞTURULMASI

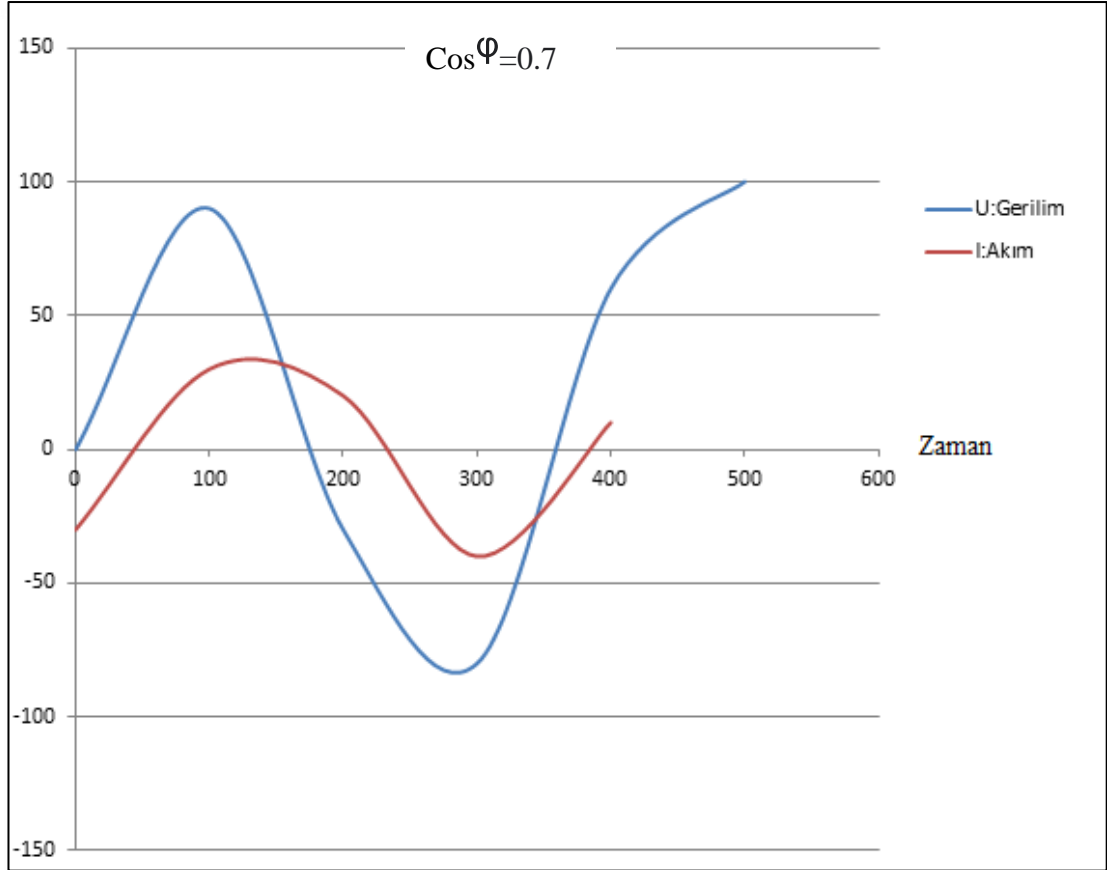
Pota Fırınlarında ana amaç elektrotlar ile hurda metal arasında elektrik arkı oluşturmaktır. Uygun gerilim ve akım değerleriyle iki nokta arasında oluşur. Oluşan ark bir çeşit ışık kolonu şeklinde elektrik boşalmasıdır. Ark içinde oluşan ısı enerjisi fırına verilen gerçek güç demektir. Ark iki sıcak noktadan yani elektrot ucu ve hurda yüzeyi arasında oluştuğundan lineer bir karakteristiği yoktur. Bu nedenle şebekeye olumsuz etkiler yaratır. Elektrot ucu anot, sıvı çelik yüzeyi katot olarak kabul edilebilir. Alternatif akım kullanıldığında 50Hz'lik bir frekansta pozitif ve negatif noktalar saniyeler içinde birbiri arasında defalarca değişir. Bu alternatif değişim esnasında akımın sıfır olduğu anda ark söner ve elektrot ucu ile sıvı çelik yüzeyi arasında oluşan gerilim fırının ikincil gerilimine neredeyse eşit olur.



Şekil 4.1. Ark gerilimi ve akımının temel davranışları ($\text{Cos } \Phi = 0,95$).



Şekil 4.2. Ark gerilimi ve akımının temel davranışları ($\text{Cos } \Phi = 0,89$).

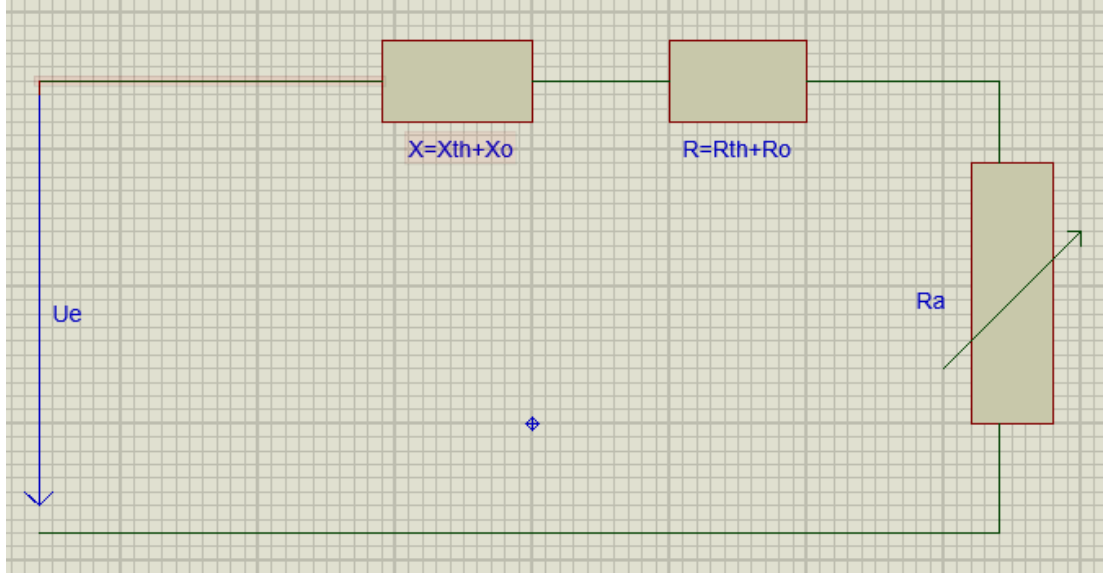


Şekil 4.3. Ark gerilimi ve akımının temel davranışları ($\text{Cos}\varphi=0,707$).

Güç faktörünün ark oluşumunda etkisi büyüktür. İdeal olarak bilinen güç faktörünün $\varphi = \sim 0.99$ olması durumunda akım sıfırladığında arkın oluşması için gerilimin belli bir değere kadar yükselmesini beklemek gerekmektedir.

Yine aynı şekilde güç faktörünün $\varphi = \sim 0.89$ olması durumunda akım sıfırlandığında arkın oluşması için gerilimin $\varphi = \sim 0.99$ olması durumundaki gerilim değeri kadar olmasa da yükselmesi beklemek gerekmektedir.

Ancak güç faktörünün $\varphi = \sim 0.7$ olması durumunda akım sıfırlandığında gerilim değerinin yüksek olması nedeniyle akımın artmasının ardından ark oluşumunun sağlanması için gerekli gerilim değeri yeterli olmaktadır. Dolayısıyla güç faktörünün düşük olması ark oluşumunun daha hızlı bir şekilde kolayca gerçekleşecektir.



Şekil 4.4. Pota Fırını eşdeğer devresi.

Eşdeğer devrede;

U_e : Ortak bağlantı noktasındaki faz-faz gerilimi

X : Tüm devre reaktansı

R : Tüm devre direnci

R_a : Ark direnci

X_T : Ortak bağlantı noktası ile fırın trafosu arası reaktans

R_T : Ortak bağlantı noktası ile fırın trafosu arası direnç

X_O : Trafo + Fırın reaktansı

R_O : Trafo + Fırın direnci

$$X = X_T + X_O = X_T + X_t + X_f$$

$$R = R_T + R_O = R_T + R_t + R_f$$

Buna göre ark akımı $I = I_a$;

$$I_a = \frac{U_e}{Z} = \frac{U_e}{\sqrt{(R+R_a)^2 + X^2}} \quad (4.1)$$

olarak elde edilir. Ortak bağlantı noktasındaki toplam bir faz gücü;

$$P = I_a^2 \cdot (R + R_a) = \frac{U_e^2 \cdot (R+R_a)}{(R+R_a)^2 + X^2} \quad (4.2)$$

olarak elde edilir. Tek faz ark gücü;

$$P = I_a^2 \cdot R_a = \frac{U_e^2 \cdot R_a}{(R+R_a)^2 + X^2} \quad (4.3)$$

Olarak yazılarak üç faz ark gücü;

$$P_{3a} = 3 \cdot I_a^2 \cdot R_a \quad (4.4)$$

Elde edilir. Güç faktörü;

$$\cos \varphi = \frac{R_{top}}{Z_{top}} = \frac{R+R_a}{\sqrt{(R+R_a)^2 + X^2}} \quad (4.5)$$

Eşitlik 4.1.1'deki R_a direnci değişken bir değerdir. R_a 'nın küçülmesiyle ark gücü dolayısıyla pota fırınına verilen enerji büyür. Belirli bir akım değeri için enerji maksimum değerine ulaşır. Direncin daha fazla küçülmesi ile akım büyür, ancak ark gücü minimum bir değer doğru yönelir. $R_a = 0$ olursa fırın kısa devre olur.

Pota fırınlarında, ark akımının büyüklüğünü sınırlayan bir empedans değeri vardır. Güç kaynağından gelen akım, bu empedans üzerinden geçer. Bu sınırlayıcı empedans, fırın trafosunun, yüksek akım kablolarının, ikincil çıkış baralarının, v.b. elemanların empedanslarıdır. Ark gerilimi, trafonun nominal geriliminden (açık devre durumu), sıfıra kadar (kısa devre durumu) değişir. Bu nedenle belirli bir empedansa sahip pota fırınının belirli bir maksimum akımı ve devre direnci tarafından sınırlanmış belirli bir kısa devre güç faktörü vardır. Eşitlik 4.1.2'de R_a 'ya göre türev alınıp sıfıra eşitlenirse maksimum güç bulunur.

$$\frac{dP}{dR_a} = U_e^2 \cdot \frac{X^2 - (R+R_a)^2}{[(R+R_a)^2 + X^2]^2} = 0 \quad (4.6)$$

Buradan $X = R + R_a$ koşulu bulunur. Bu demektir ki bir pota fırınında devre direnci, devre reaktansına eşit olduğu zaman, şebekeden çekilen güç maksimum olur. Eşitlik 4.2’de $X = R + R_a$ yerine koyulursa;

$$P_{max} = \frac{U_e^2}{2X} \quad (4.7)$$

Elde edilir. P_{max} noktasındaki Cos^φ ise;

$$\text{Cos}^\varphi_{P_{max}} = \frac{R+R_a}{\sqrt{(R+R_a)^2 + X^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,7 \text{ bulunur.}$$

Buradan anlaşılacağı üzere maksimum güçte $\text{Cos}^\varphi = 0,7$ ’dir. Aynı zamanda;

$$P_{max} = \frac{1}{2} Q_{max} \quad (4.8)$$

Bulunur. Eşitlik 4.3’te R_a ‘ya göre türevi alınıp sifıra eşitlenirse, maksimum ark gücü bulunabilir.

$$\frac{dP}{dR_a} = 0$$

$$R_a^2 = R^2 + X^2 \text{ koşulu bulunur.}$$

Yani en büyük ark gücü için ark direnci, devre empedansına eşit olur. Bu koşul Eşitlik 4.1’ de yerine konulursa;

$$I_0 = \frac{0,7 \cdot U_e}{\sqrt{(R^2 + X^2) + R \cdot \sqrt{R^2 + X^2}}} \quad (4.9)$$

elde edilir. Bulunan bu I_0 akımı, optimum ark akımı kabul edilir. Ark gücü değerinin maksimum olduğu değerdir.

4.2. REAKTANS DEĞERİNİN ARTTIRILMASI

Güç faktörünün istenilen değerler aralığında tutulabilmesi için toplam reaktans değerinin yüksek olması gerekmektedir. Toplam reaktans değerinin yüksek tutulamaması halinde güç faktörü $\varphi = \sim 0.99$ değerlere ulaşır. Bu da elektriksel kararlılığa engel olur. Trafo gerilimi ve toplam reaktans artırlırsa ark gerilimi de arttırılmış olur.

Reaktans eşitliğine göre;

$$X = X_L - X_C$$

X_L endüktif reaktans değerinin artmasıyla, X toplam reaktans değeri de artacaktır. Endüktif reaktansı arttırabilmek için bobin gibi çalışacak bir reaktör fırın sekonder devresine seri olarak bağlanmalıdır. İlave edilen reaktör kaynak empedansını yükseltir. Bu durumda elektrik arkı kararlı hale gelir.

İlave reaktör olmadığı durumda akımı dengeleyebilmek adına $\varphi = \sim 0.99$ güç faktöründe seyreden devrenin fırına verdiği aktif güç değeri daha düşüktür. Fırına seri bağlanan reaktör sayesinde istenilen düşük güç faktöründe $\varphi = \sim 0.7$ yüksek gerilim dalgalanması azalmış ve fırına verilen aktif güç artmıştır. Reaktör kullanımı ile aktif güç değeri arttığı gibi dökümler arası süre azalır ve ark kararlılığından kaynaklanan fliker değerinin düşmesini sağlar.

4.3. GÜCÜN ARTTIRILMASI

Sıvı çelik üretimi için gerekli olan elektrik enerjisinin daha kısa sürede fırına verilebilmesi, fırının enerjili süresinin azaltılması anlamına gelmektedir ki gerek ocaktan alınabilecek sıvı çelik miktarının artırılması, gerekse azalan döküm süreleri sonucu ocaktan olabilecek ısı kayıplarının azaltılması gibi faydalarıyla modern pota fırınlarının tasarım kriterini oluşturmuştur.

Fırına verilecek olan ark gücü, ark gerilimi ve akımının fonksiyonlarıdır. Gücün Artırılması için faktörlerden birinin veya her ikisinin birden artırılması gerekir. Özellikle son on yıldır ark geriliminin artırılmasının, elektrot tüketimini de azalttığı yönde etkileri görülmüştür. Bu nedenle daha yüksek gerilimler, dolayısıyla daha uzun ark boyları ile çalışabilmek için cüruf köpürtme pratikleri ve su soğutmalı paneller üzerindeki çalışmalar artırılmıştır. Bu çalışmalar yapılmadan gerçekleştirilecek olan gerilim artırımını, refrakter tüketiminde ve termal verimde önemli dezavantajlara neden olacaktır.

4.4. POTA FIRINI REGÜLASYONU

Pota fırınlarında gerek enerjili gerekse enerjisiz sürelerin azaltılmasında, en önemli faktörlerden biri fırının uygun bir regülasyon ile çalışmasıdır. İyi uygulanamayan bir regülasyon, fırını ark oluşumunda kararlılıktan uzaklaştırarak, verilebilecek ortalama aktif gücün düşmesine ve dolayısıyla enerjili sürenin uzamasına neden olacaktır. Bunun yanında, sistem şartlarına uygun davranışı sağlamakta geciken bir fırın regülasyonu, başta elektrot kırılmaları ve refrakter aşınmaları gibi sebepler ile fırının enerjisiz sürelerinin de artmasına neden olacaktır. Bu nedenlerden değişken sistem şartlarının göz önüne alındığı ve mevcut sistemlerin analiz edildiği en uygun regülasyon tipinin seçimi, günümüz fırın işletmelerinin en önemli karar kriterlerinden birini oluşturmaktadır.

Pota fırını regülasyonunun temel hedefi, fırın operasyonunu belirlenen ihtiyaç noktalarında tutabilmek ve elektrik arkının, fırın yapısına uygun bir şekilde kararlı ve optimum şartlarda oluşturulmasını sağlamaktır. Bu sayede fırına verilecek olan aktif gücün optimum değere getirilmesi ve ocağın enerjili süresinin azaltılması hedeflenmektedir.

Regülasyon için sistemden toplanan bilgiler, hazırlanmış bir bilgisayar yazılımı sayesinde değerlendirilerek, sistem şartlarının sağlanması amacıyla elektrot hareketlerinin kontrol edilebileceği sinyaller şeklinde çıktılara dönüştürülür. Bu sayede, sistemin referans şartlarının sağlanması ve sistemin korunması gibi

amaçlarla, elektrotların aşağı–yukarı olan hareketleri, dolayısıyla elektrik arkının oluşumu kontrol edilir.

Regülasyon, iki değeri dikkate alan bir programın çıktıları kullanılarak gerçekleştirilir. Bu değerler, gerilim kademeleri kullanılarak tanımlanan yüksüz şartlardaki gerilim değerleri ve regülasyonun ayar değeridir. Regülasyon, kullanılan gerilim kademesi değeri için operasyon noktasını, ayar değere getirmeye çalışır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta güç, akım, güç faktörü ve radyasyon şiddeti gibi faktörlerin, istenilen operasyon şartı değerini sağlamasıdır. Gerçekte, sistem karakteristiklerinin değişiklikleri nedeniyle teoriden farklı sonuçlar oluşur. Bu nedenle ana nokta olarak, güç geriliminin ve operasyon empedanslarının değişimleri göz önüne alınabilir. Güç gerilimindeki değişimler, yüksüz durumdaki gerilimde de değişimlere neden olur. Hattın empedans değişimleri ise çok dinamik ve önemlidir. Empedans değişimleri, akımın ve harmoniklerin etkilerinden kaynaklanır. Bahsedilen bu iki etki, elektrik devresinin karakteristiklerinde ve bunun doğal sonucu olarak operasyon noktasında, değişimlere neden olur.

Pota fırını regülasyonu dört farklı kontrol tipinde çalıştırılabilir. Hangi kontrol tipinin seçileceği tamamen operasyon şartlarına bağlıdır. Her kontrol tipinin kendine özgü avantaj ve dezavantajları bulunmakla birlikte hepsinde ana amaç, fırına optimum noktada güç verebilmektir.

4.4.1. Sabit Empedans Kontrolü

Bu kontrol tipinde hat empedansının vektörel değeri sabit tutulmaya çalışılmaktadır. Sabit empedans kontrolü için güç geriliminin ve gücün değişimine ek olarak ilgili değerlerde akımın değişimi gereklidir. Hattın görünür empedansındaki değişimler, ark ve güç geriliminde değişimlere neden olurken, akım üzerinde etkili olmaz (akımın operasyon noktası civarında salınımlar yapması beklenir). Ark parametrelerinin göreceli olarak bu zayıf kontrolü, operasyona bir avantaj sağlar. Bu avantaj, ergime sırasında operasyonun, otomatik olarak kararlı durumunda olmasıdır. Çünkü ark gerilimi, hat empedansına kıyasla daha kolay değişim gösterir. Empedansın azalması ile ark gerilimi güçlü duruma gelecektir.

4.4.2. Sabit Ark Gerilimi Kontrolü

Ark geriliminin önemi işletmeler tarafından yeniden hatırlanmaktadır. Bu değere bağlı bir regülasyon, çeşitli dezavantajları göz ardı edilmek suretiyle, devrenin karakteristiklerine göre akımın yükseltilmesine izin verir. Avantajları olarak, fazlar arası mükemmel denge, ayar değerlerinin kolay belirlenebilmesi ve üç fazın empedans eşitliğinin yakın değerlerde sağlanabilmesi sayılabilir. Dezavantajları olarak ise hat empedansının ve güç geriliminin değişimleri sonucu güç ve akımda büyük değişimler olmasıdır.

4.4.3. Sabit Ark Direnci Kontrolü

Bu regülasyon tipinin avantajları olarak, aktif gücün ortalama değerinin yükselmesine katkıda bulunması, güç şebekesi üzerine olan olumsuz etkinin azaltılması, gerekli operasyon noktasına olan yaklaşımda kesinlik sayılabilir. Dezavantajıysa, ergitmenin başlangıcında hat empedansındaki büyük değişimlerin, sabit empedans kontrolünde olduğu gibi güçte önemli dalgalanmalara neden olması söylenebilir.

4.4.4. Sabit Aktif Güç Kontrolü

Bu kontrol şeklinde, herhangi bir zamandaki hat empedansı değeri için ark gerilimi en büyük, akım ise en küçük değerindedir. Bu noktadan sonra yüksek güç faktörü ile operasyon sürdürülür. Bu kontrolde, verilen bir güç için mümkün olan en yüksek güç faktörü değerine ulaşmak istenir. Güç sabit olduğu zaman, akımın azalması ile termal güç artar. Bu kontrol tipinin kullanılmasıyla sistemin, şebeke geriliminin belirli limitler içerisindeki değişimlerine olan hassasiyeti azalır, daha büyük değişimlerinde ise klasik sistemler gibi davranır.

4.5. OPTİMİZASYON

Optimizasyon mevcut operasyonların iyileştirilmesi, üretim maliyetinde azalma ve daha geniş bir pazara hizmet etmek için kalite taleplerini daha iyi karşılama yeteneği anlamına gelir. İyileştirme, artan "çevrimiçi" süreden, üretken zamanın yoğunlaştırılmasından ve girdi malzemelerinin, sürecin ve ürün çıktısının daha iyi kontrolünden elde edilebilir.[6]

Pota fırınları maliyeti düşürerek optimize edilebilir.

Elektrikli fırınlı çelik üretiminde maliyetin ana doğrudan bileşenleri ve bunların nasıl azaltılabileceği aşağıda belirtilmiştir:

- Üretilen yıllık ton başına sermaye maliyeti; artan ton/saat, ton başına sabit maliyeti düşürür.
- Hammadde maliyeti; üretimin bu ana bileşeni, malzeme seçiminin yönetimi ve verimin iyileştirilmesi nedeniyle azalır. Tasarrufların değerlendirilmesinde daha düşük dereceli ve dolayısıyla daha ucuz hammaddelerin kullanılmasından kaynaklanan işletme maliyetlerindeki cezalar dikkate alınmalıdır.
- İşçilik Maliyeti; ton başına işçilik maliyeti, artan fırın verimliliği.
- Güç Maliyeti; Zaman, daha düşük tepe güç talebi ve güç seviyesini en üst düzeye çıkararak birim güç maliyeti, gücün artmasıyla azalır. Ton başına maliyet ayrıca ön ısıtma ve oksijen ile azaltılır. Elektrik gücü, yakıt ve oksijen kullanımının sabitlenmesi, elde edilebilecek saat başına ton ile ilgili olarak güç, yakıt ve oksijenin maliyetlerine bağlıdır.
- Elektrot Maliyeti; ton başına tüketim artan ton/saat elektrot maliyetini azaltır. İyileştirmelere katkıda bulunan diğer faktörler, elektrot kaplama, elektrot contaları, su soğutmalı elektrotlar ve köpüren cüruf uygulamasıdır. Geliştirilmiş fırın basıncı kontrolü, oksidasyon kayıplarını azaltabilir. Belirli bir fırın için minimum elektrot maliyetleri ve uygulama, çalışma akımı için uygun elektrot çapının seçilmesini gerektirir. Oksidasyonu etkileyen tüm

değişkenlerin iyi kontrolü nedeniyle elektrot ömrü zaten çok uzunsa, elektrot kaplamanın maliyeti olmayabilir.

Mevcut geleneksel elektrikli fırın operasyonlarında, güç kapatma süreleri numune alma, sıcaklık ölçümü, temizleme bakımı ve elektrot ekleme içindir. Fırın şarj süresi, tavan kaldırma ve salınım hızları artırılarak ve elektrot ömrü artırılarak azaltılabilir.

Numune alma ve sıcaklık ayarı için gereken süre, bilgisayar destekli eritme kontrolüyle en aza indirilerek, minimum kapatma süresi gereksinimi ile uç nokta bileşimi ve sıcaklığın elde edilmesi sağlanır. İkincil arıtmanın kullanılması, elektrikli fırının tek başına bir eritme ünitesi olarak çalışmasını sağlar ve bileşim ayarlaması için kapatma süresini daha da azaltır.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, entegre demir çelik üretimi proseslerinden, pota fırını primer ve sekonder devre elemanlarından bahsedilmiştir. Pota Fırınlarda optimum seviyede endüktans ayarı yapılarak regülasyon işlemi ile optimum güçte fırınların çalıştırılmasının sağlanması amaçlanarak elektrot tüketimini azaltılması sağlanabileceği belirtilmiştir. Bunu sağlayabilmek için kararlı ark oluşturmak ve yüksek ark gücü değerine ulaşmak için ulaşabilmek için nelerin yapılabileceği araştırılmıştır.

Denem yöntemi ile sonuç elde etmek üretimde aksamalara neden olabileceğinden alternatif olarak matematiksel hesap ile Matlab gibi hesap programları kullanılarak da ideal güç faktörü değerlerine ulaşılabilir.

Çalışmanın kısıtlamalarından biri üretim devam ederken uygun bakım veya duruş zamanlarına denk getirerek ideal değerini kolay ve hızlıca elde edilememesidir. Bunun yanısıra doğru değeri elde edene kadar harcanan güç miktarının az olmaması için gerekli proses aşamalarının planlanarak ayarlanması gerekmektedir.

Üç farklı güç faktörü değeri tesiste deneme yöntemi ile uygulanarak elde edilen değerler ışığında ideal olarak bilinen 0,99 değerinde akımın sıfırlanmasının ardından gerilimin belirli bir değere yükselmesini beklemek gerektiği gözlemlenerek hesaplanmıştır. İkinci güç faktörü değeri olarak 0,89 için yine akımın sıfır olduğu anda gerilimin yükselmesi beklenmiştir. Son olarak hesaplanan en ideal güç değeri olan 0,707 için akım sıfırlandığı anda gerilim değerinin yüksek olması ve akımın yükselmesi ile ark oluşumunu sağlayan yeterli gerilim değeri elde edilmiştir. Buna göre; güç faktörü değerinin ideal olarak bilinen aksine 0,707 civarında sabit tutulması kararlı bir ark oluşumu ve maksimum ark gücü için en uygun değer olduğu

tespit edilmiştir. İstenen güç faktörü değerinin sağlanabilmesi için fırınların elektrik sistemlerinin primer devresine seri bağlı reaktör ilavesinin etkili bir çözüm olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Treatise on process metallurgy process phenomena, Seshadri Seetharaman, Alexander Mclean, Roderick Guthrie, Seetharaman Sridhar, 2014.
2. Treatise on Process Metallurgy, Volume 3: Industrial Processes, Chapter 1.6 - Secondary Steelmaking Lauri Holappa, in Treatise on Process Metallurgy: Industrial Processes, 2014
3. İnternet:<https://www.kardemir.com/dosyalar/satispazarlama/urunkatalogu/kardemir-urunler.pdf>
4. Lankford W.T., Samways N.L., Craven R.F., McGannon H.E.,“The Making, Shaping and Treating of Steel”, United States Steel, 1982.
5. Turkdogan E.T., “Fundamentals of Steelmaking”, The Institute of Materials,p.180-259, 1996.
6. Techno-economic assessment of electric steelmaking through the year 2000 J. J. Bosley, J. P. Clark, T. E. Dancy, R. J. Fruehan, E. H. McIntyre, July 1987.
7. Erdemir pota fırını ve kimyasal alaşımlandırma tesislerinin üretim maliyeti ve kalite yönünden karşılaştırılması, Hatice Yurtsever

ÖZGEÇMİŞ

Zeynep Pelin KARACAMEYDAN ilk ve orta öğrenimini Karabük'te tamamladı. 75.Yıl Karabük Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2010 yılında Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği (%30 İngilizce) Bölümüne yerleşti. Öğrenimine devam ederken 2014 yılı bahar yarıyılını ERASMUS değişim programı ile gitmeye hak kazandığı Almanya ülkesi Wuppertal şehrinde yer alan Bergische Universität Wuppertal'de tamamladı. 2015 yılında Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünden iyi derece ile mezun oldu. 2017 yılında Kardemir A.Ş. Çelik Üretim ve Haddehaneler Yatırımları Müdürlüğü'nde Elektrik ve Otomasyon Yatırım Mühendisi olarak göreve başladı ve halen çalışmaya devam etmektedir. 2019 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı.