

79115

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FIRÇASIZ TİP, DURAN ENDÜVİLİ, KENDİNDEN  
DENETİMLİ SENKRON ALTERNATÖRLERİN  
ELEKTRİKİ VE KONSTRÜKSİYON HESAPLARI

Elek. Müh. Turan ÇADIR

F.B.E.Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalında  
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

79115

Tez Danışmanı : Yard. Doç. Dr. İbrahim ŞENOL

Y. Doç. Dr. Zehra Yumurtacı  
Zehra Yumurtacı

İbrahim  
Prof. Dr. Arzu Karayay  
Arzu Karayay

İSTANBUL , 1998

T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANİZYON MERKEZİ

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	i
KISALTMA LİSTESİ.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Elektrik Enerjisinin Üretimi.....	1
1.2 Senkron Alternatörler.....	1
1.2.1 Dönen Endüvili, Fırçalı Tip Senkron Alternatörler.....	2
1.2.2 Duran Endüvili, Fırçalı Tip Senkron Alternatörler.....	3
2. FIRÇALI TİP, DURAN ENDÜVİLİ, DÖNEN KUTUPLU (ENDÜKTÖRLÜ) KENDİNDEN DENETİMLİ, ELEKTRONİK REGÜLATÖRLÜ SENKRON ALTERNATÖRLER.....	6
2.1 Genel Yapı ve Çalışma Prensibi.....	6
3. HESAPLAMALARA GİRİŞ.....	10
3.1 En Küçük Kareler Yöntemi.....	10
3.2 Ana Üretim Alternatörü İçin Hesaplamalar.....	15
3.2.1 Ana Boyutların Bulunması.....	15
3.2.2 Stator Sargısı Hesapları.....	18
3.2.3 Oluk Genişliği.....	21
3.2.4 Oluk Derinliği.....	21
3.2.5 Stator Sargısında Kullanılan Toplam Bakır Ağırlığı Hesabı.....	22
3.2.6 Stator Sac Paketi Dış Çapının Hesabı.....	22
3.2.7 Kutup Boyutlarının Bulunması.....	24
3.2.8 Rotor boyunduruğu.....	24
3.2.9 Kutup Başına Şekil Verilmesi.....	25
3.2.10 Stator Boyunduruğundaki Magnetik Gerilim.....	25
3.2.11 Stator Dişlerindeki Magnetik Gerilim.....	26
3.2.12 Hava Aralığındaki Magnetik Gerilim.....	26

3.2.13	Fiktif Hava Aralığı.....	27
3.2.14	Kutuplardaki Magnetik Gerilim.....	27
3.2.15	Kutup Ayağındaki Magnetik Gerilim.....	27
3.2.16	Kutup Tekerleği Boyunduruğundaki Magnetik Gerilim.....	28
3.2.17	Aktif Demir Uzunluğu.....	30
3.2.18	Stator oluğunun Dağılma iletkenliği.....	30
3.2.19	Diş başına dağılma iletkenliği.....	30
3.2.20	Diş başı iletkenliği.....	30
3.2.21	Bobin başının veya cephe bağıntısının dağılma iletkenliği.....	30
3.2.22	Nominal akımdaki dağılma gerilimi.....	31
3.2.23	Nominal yükteki fazör diyagramı.....	32
3.2.24	Yükteki uyarma amper sarım ihtiyacının bulunması.....	33
3.2.25	Yükteki gerilim değişimi.....	33
3.2.26	Ortalama iletken uzunluğu.....	34
3.2.27	Nominal yükteki uyarma akımı.....	35
3.2.28	Akım yoğunlukları.....	35
3.2.29	Uyarma sargısının toplam uzunluğu.....	35
3.2.30	Uyarma sargısının toplam ağırlığı.....	35
3.2.31	75 C ‘ deki uyarma sargısının omik direnci.....	35
3.3	Kayıpların Hesabı.....	35
3.3.1	Bakır kayıpları.....	35
3.3.2	Uyarma sargısının bakır kayıpları.....	36
3.3.3	Uyarma akım devresindeki toplam kayıp.....	36
3.3.4	İlave kayıplar.....	36
3.3.5	Demir kayıpları.....	36
3.3.6	Stator boyunduruğundaki demir kayıpları.....	36
3.3.7	Dişlerdeki demir kayıpları.....	37
3.3.8	Kutup ayağı yüzey kayıpları.....	37
3.3.9	Sürtünme kayıpları.....	38
3.4	Toplam Kayıplar.....	39
4.	ELEKTRONİK REGÜLATÖR MODÜLÜNÜN İNCELENMESİ.....	40
4.1	Ana Güç Besleme Devresi.....	40

4.2	Besleme Kaynaklarının Oluşturulması.....	40
4.3	Sürme Kaynağı ve Transistörün Tetiklenmesi.....	41
4.4.	Trapez Dalganın oluşumu ve Gerilim Kontrolü.....	41
4.5	Frekans Kontrolü ve Trapez Dalgaya Etkisi.....	42
4.6	Elektronik Yakıt Governörü.....	43
MALZEME LİSTESİ.....		47
5	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	49
KAYNAKLAR.....		50
EKLER.....		51
Ek 1	Fırçasız Tip Alternatör Fotoğrafı.....	51
Ek 2	Regülasyon Şeması 1.....	52
Ek 3	Regülasyon Şeması 2.....	53
Ek 4	Regülasyon şeması 3.....	54
Ek 5	Regülasyon Şeması 4.....	55
Ek 6	Fırçasız Tip Alternatör Ölçüleri 1.....	56
Ek 7	Ölçü Tablosu 1.....	57
Ek 8	Fırçasız Tip Alternatör Ölçüleri 2.....	58
Ek 9	Ölçü Tablosu 2.....	59
ÖZGEÇMİŞ.....		60

## SİMGE LİSTESİ

A	Çevre akım yoğunluğu
B	Magnetik akı yoğunluğu
C	Faydalanma katsayısı
c	Oturma yüzeyi yüksekliği
ç	Bir kutup magnetik çekimi
D	Stator dış çapı
E	Endüklenen gerilim
f	Frekans
H	Alan şiddeti
I	Sargı kolundan geçen akım
Kr	Alternatif akım direnci
L	Stator sac paketi toplam uzunluğu
l	Uzunluk
m	Faz sayısı
N	Toplam oyuk sayısı
n	Devir sayısı
O	Toplam kutup ayağı yüzeyi
P	Sanal güç
p	Çift kutup sayısı
Q	Kutup tekerleği boyunduruk kesiti
q	Kutup ve faz başına düşen oluk sayısı
R	Omik direnç
s	Akım yoğunluğu
U	Gerilim
u	Bir oluk içinde yan yana gelen bobin sayısı
V	Magnetik gerilim
v	Hız
W	Bir sargı kolundaki toplam kısmi bobin sayısı
w	Sarım sayısı
X	Reaktans
Z	İletgen sayısı
z	Rotor yüzeyindeki kol sayısı
$\tau$	Kesmeye çalışan yani AC kesit yüzeyine paralel zorlanma
$\omega$	Açısal hız
km	Merkezkaç faktörü
2e	EF kesit yüzeyinin yüksekliği
$\alpha$	Kutup örtme faktörü
$\beta$	Kutup tekerleği emk sı
$\gamma$	Özgül ağırlık
$\delta$	Hava aralığı
$\xi$	Toplam sargı faktörü
$\eta$	Verim
$\theta$	Amper sarım

$\lambda$	Magnetik iletkenlik sayısı
$\mu$	Magnetik geçirgenlik
$\nu$	Harmonik mertebesi
$\rho$	Özgül direnç
$\tau$	Adım veya taksimat
$\phi$	Magnetik akı
$\varphi$	Faz açısı



## **KISALTMA LİSTESİ**

<b>AC</b>	<b>Alternative Current</b>
<b>AVR</b>	<b>Automatic Voltage Regulator</b>
<b>DC</b>	<b>Direct Current</b>
<b>EMK</b>	<b>Elektro Mekanik Kuvvet</b>
<b>EFC</b>	<b>Electronic Fuel Control</b>
<b>MYY</b>	<b>Minimaks Yaklaşımlar Yöntemi</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa
Şekil 1.1	Fırçalı tip alternatör.....	5
Şekil 2.1	Fırçasız alternatör blok diyagram.....	6
Şekil 2.2	Fırçasız tip alternatör yapısı.....	8
Şekil 3.2	Sarım şeması.....	19
Şekil 3.3	Oyuk görüntüsü.....	23
Şekil 3.4	Kutuplar.....	29
Şekil 4.1	Voltaj regülatörü.....	45
Şekil 4.2	Regülatör dalga şekli.....	46
Şekil 4.3	E.F.C. blok şeması.....	48
Grafik 3.1	Faydalanma katsayısı grafiği.....	15
Grafik 3.2	$L_i / \tau_p$ oranı grafiği.....	16
Grafik 3.3	Alan faktörü grafiği.....	20



## ÖNSÖZ

Mekanik enerjiyi , yani döndürme enerjisini elektrik enerjisine çeviren alternatörler bu tez çalışmasının konusunu teşkil etmektedir.Ülkemizin sürekli elektrik enerjisine olan yoğun talebi , beni üniversite mezuniyetimden sonra jeneratör ve alternatör üretimi konusunda çalışmaya itmiştir.

Çalışmalarım sırasında alternatör imalatçılarının imalatta bilimsel çalışmalardan ve mühendislik hesaplamalarından yoksun, tamamen taklit yöntemi ile üretim yaptıklarına şahit oldum.Örneğin; imalatı hiç yapılmamış olan herhangi bir güçte alternatöre ihtiyaç olduğunda, imalatı yapılan güçlerdeki alternatörlerle kıyaslama yapılarak imalat yapılmaktadır. Sonuçta ortaya çıkan ürün ya verimsiz olmakta yahutta fazladan malzeme kullanılması sebebi ile maliyeti artmaktadır.Bu sebepler beni senkron alternatörlerin hesaplara dayanılarak imalatının yapılması konusunda ve hatta bir bilgisayar paket programından faydalanılarak imalatın gerçekleştirilmesi konusunda çalışma yapmaya teşvik etmiştir.Bu sebeple de hem firmamızın çalışmalarına kolaylık sağlayacağı hem de alternatör imalatı yapan firmalara katkı sağlayacağı ümidi ile yüksek lisans tez çalışmamı , günümüzün en gelişmiş alternatör tipi olan **duran endüvili , fırçasız , kendinden elektronik uyartımlı senkron alternatörlerin hesapları** konusunda seçtim.Bu çalışmalar çerçevesinde öncelikle alternatörlerin elektriksel ve mekanik hesapları yapılacak, sonra bu hesaplama yöntemi paket bir bilgisayar programı haline getirilecektir.

Konunun seçiminde beni teşvik eden ve alışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Yard. Doç. Dr. İbrahim ŞENOL Bey'e teşekkürü bir borç bilirim. sunarım.

## ÖZET

Türkiye’ de alternatör üreticileri, üretimlerini deneme yöntemleri ile yapmaktadırlar. Bu yöntem hem pahalı hem de sağlıksızdır.Eğer uygulanabilir bir paket hesaplama yöntemi hazırlanabilirse, gerçeğe yakın hesap sonuçları bulunur ve daha az denemeler yapılarak, gerçek değerler bulunabilir.Bu tez çalışmasının amacı ; fırçasız tip, duran endüvili senkron alternatörlerin elektriki ve konstrüksiyon hesaplarının kolayca yapılmasına ilişkin formüllerin elde edilmesinden sonra bu formüller kullanılarak, daha sağlıklı hesaplar yapabileceğimiz bir paket hesaplama yönteminin hazırlanmasıdır. Çalışmada önce fırçalı tip alternatörler, sonra da fırçasız tip alternatörlerin yapılarından ve çalışma şekillerinden bahsedilmiştir.Daha sonrada ikisinin karşılaştırılması yapılmıştır.İleriki aşamada bir paket hesaplama yöntemi hazırlanmıştır.Bu yöntem ile belirli aralıktaki güçler için alternatörlerin elektriki ve konstrüksiyon hesaplarının yapılması mümkün olmuştur.Çalışma içerisinde eskiden kullanılan ve günümüzün modern regülasyon tipleri anlatılmış ve karşılaştırılmaları yapılmıştır.Hesaplamalarda ise elektronik regülatör ile regülasyon yöntemi kullanılmıştır.



## **ABSTRACT**

In Turkey, the produces of alternator; produce alternators by experimental method, generally. That way is expensive and alternator that calculated is not productive .That experimental result parameters are so far from real. If a calculating program that serviceable and including calculation of alternators is can be prepared , more true and realist result of calculation are got. In this way, realist values are can be got, end of one or two experiment. In this study, electrical and mechanical calculation of non-brush, rotating inductor , self exciting type alternators are took. Necessary formulas for basic calculation are got. With that formulas more true calculations will be done by a enable calculation program. Firstly, brush type and non-brush type alternators are explained, and than both of two machine type are compared. After that advantages of non-brush type alternators are discussed and calculations are done. After all calculations. With information that we have, program is done. Voltage regulations methods that used (new) and old are discussed and compared. In this calculation, electronic regulation method is used.

## **1.GİRİŞ**

### **1.1.Elektrik Enerjisinin Üretimi**

Elektrik enerjisinin değişik üretim yöntemleri vardır.Üretim kapasitesinin büyüklüğü ve kullanılabilirlik açısından en yaygın ; herhangi bir tahrik gücü ile senkron alternatörlerin gereken devirde döndürülerek , istenen güçte, istenen voltajda ve frekansta elektrik enerjisinin üretilmesidir.Alternatif gerilimin üretim kolaylığı , taşıma kolaylığı ve değişik gerilim şekillerine dönüştürülebilmesi en küçük enerji üretim birimlerinde dahi senkron alternatörlerin kullanımını yaygın hale getirmiştir.

### **1.2.Senkron Alternatörler**

Ülkemizde 1000 kVA' ya kadar imalatı yapılabilen alternatörlerin yurt dışında değişik voltajlarda 2000 MW ' a kadar güçlerde imalatı yapılmaktadır.Daha büyük güçlerde alternatör imalatı için çalışmalar yapılmaktadır.

Sabit bir magnetik alan içerisinde bu magnetik alan tarafından kesilerek döndürülen iletken bir elektro magnetik kuvvet (emk) oluşur prensibi ile yapılan alternatörler; ilk planda magnetik alanı oluşturan sabit endüktörlü yani kutuplu ve dönen endüvili olarak yapılmışlardır.Daha sonra teknolojinin gelişimi ile beraber sabit endüvili,dönen kutuplu alternatörler üretilmiştir.Bu iki tip alternatörün yapıları ve karşılaştırılması hakkında bilgiler ilerde verilecektir.

Alternatörlerde en önemli hususlardan biri regülasyondur.Yüklenme ile düşen gerilimin istenen değerde sabit tutulması anlamına gelen regülasyon için değişik yöntemler kullanılmıştır.Regülasyon, sabit mag-netik alanı oluşturan DC devreli kutuplara uygulanan gerilimin artırılıp,azaltılması ile yapılır.Bu ilk zamanlar dışardan bir DC kaynaktan alınan gerilimin el ile ayarlanması ile yapılmıştır.Daha sonra alternatörün dönen miline bağlanan bir

gerilim üretcinin ürettiği gerilimin el ile ayarlanması ile yapılmıştır. Teknolojinin gelişimi insana kolaylık sağlamaya devam etmiş ve kendinden denetimli alternatörler üretilmiştir. Bu sistemde değişik yöntemlerle, alternatörün ürettiği enerjinin bir kısmı yine alternatörün kendisini uyarımı için kullanılmıştır. Uygulanan değişik yöntemlerle ihtiyacı olan gerekli DC uyarım gerilimini alternatörün kendisi ihtiyaca göre ayarlar. Tüm bunlara ilerdeki safhalarda bahsedilecektir.

Günümüzün en gelişmiş alternatör tipi ; sabit endüvili , döner endüktörlü (kutuplu), uyarım generatörlü, fırçasız tip ve elektronik regülasyonlu senkron alternatörlerdir.

### **1.2.1.Dönen Endüvili, Fırçalı Tip Senkron Alternatörler**

Yapıları DC motorlara çok benzer; sabit bir gövdeye bağlı, uyarım sargılarının bulunduğu kutuplar arasında gerilimin üretildiği endüvi (rotor) döndürülür. Dönen rotorda üretilen AC gerilim, aynı mile bağlı bilezikler üzerinden fırçalar aracılığı ile dışarı alınır. Eğer gerilim bilezikler üzerinden değilse kollektör dilimleri aracılığı ile dışarı alınsa idi DC gerilim elde edilirdi.

Halen küçük güçlerde ülkemizde de imalatı yapılan bu alternatörler maliyetinin ucuz olması sebebi ile küçük güçlü jeneratör gruplarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Genel yapısı Şekil de gösterilmiştir. Bu tip alternatörler ancak belirli güçlere kadar yapılabilirler. Üretilen gerilim fırçalar aracılığı ile sürtünme yolu ile alındığından yüksek gerilimlerde ve akımlarda imali zordur. Zira yüksek gerilimin bileziklerde ve endüvide izolasyonu zordur. Dönen endüvide oluklardaki sargıların santrifüj kuvvet etkisi ile savrulmaları sebebi ile izolasyon ömürleri kısadır. Akım büyüdükçe bilezik ebatlarının büyütülmesi gerekir ki, bu da bir noktaya kadar yapılır.

Bu tip alternatörlerde gerilim regülasyonu bir kaç çeşit yöntemle yapılır.Genellikle daha ucuz ve kolay olan transformatörlü regülasyon yöntemi kullanılır.Yük akımının tamamı regülasyon transformatörün primer sargılarından geçirilir.Geçen akımın artması ile ince sargılı sekonder sargılarında endüklenen gerilim artar,köprü diyotla doğrultulan DC gerilim kutuplara uygulanarak,uyartım geriliminin büyümesi sağlanır.Buna paralel olarak artan bu gi magnetik akı artışı ile gerilimin düşmesi önlenerek regülasyon sağlanmış olur.Şekil de bağlantı şekli gösterilmiştir.

Genellikle daha küçük güçlü alternatörlerde reülasyonda kondansatörlerden yararlanılmıştır.Çıkışta her faza paralel kondansatörler bağlanarak,voltajın düşmesi halinde kondansatörlerin depoladığı gerilimden uyartıma takviye yapılamak gerilim regülasyonu sağlanır.Büyük güçlerde maliyeti pahalı olduğundan tercih e-dilmez.

Eski regülasyon yöntemlerinden birisi de rotor miline bağlı uyartım dinamoları ile regülasyondur. Alternatör ile beraber dönen dinamoda üretilen DC uyartım gerilimi iki adet bilezik üzerinden alınarak , kutuplara gönderilir.Ancak bu sistemde de voltajın değişimine göre dinamonun uyrıtım sargılarının regülasyonu yapılmalıdır.

Kullanılan en son yöntemlerden biri uyartım geriliminin elektronik DC regülatör aracılığı ile kon-trolüdür.Kendinden denetimli redresör olan regülatör, çıkış gerilimini bilgi olarak alıp,komparatör opamplar-da referans bir gerilimle karşılaştırarak, gerilimin azalıp,artmasına göre gerekli gate akımının gönderildiği tris-törler aracılığı ile doğrultulan uyartım gerilimini kutuplara gönderir.Diğerlerime nazaran biraz pahalı olan bu yöntem en hızlı ve sağlıklı olanıdır.

### **1.2.2.Duran Endüvili, Fırçalı Tip Senkron Alternatörler**

Daha büyük güçlerde alternatör imalatı yapabilmek için sürtünmeden kaynaklanan problemlerden kurtulmak gerekmekte idi. Bu amaçla duran endüvili sistem kaynağının iki

yapısı geliştirilerek, üretilen gerilimin fırça ve bilezik kullanılmadan sabit statordan alınması sağlanmıştır. Bu sistemde uyartım sargılarının bulunduğu kutuplar sta-tor sargılarının içinde döndürülür. Kutuplar için gerekli ikaz gerilimi iki adet bilezik ezerinden iletilir. Görüldüğü gibi bu sistemde de sürtünmeden ve fırçalardan tamamen kurtulunamamıştır. Ancak yinede daha büyük güçlerde alternatörler bu yöntem sayesinde yapılabilmektedir ve piyasada 40- 50 ve yıldır çalışan 100 kVA ya kadar güçlerde alternatörlere rastladığım ve servisini yaptığım olmuştur.

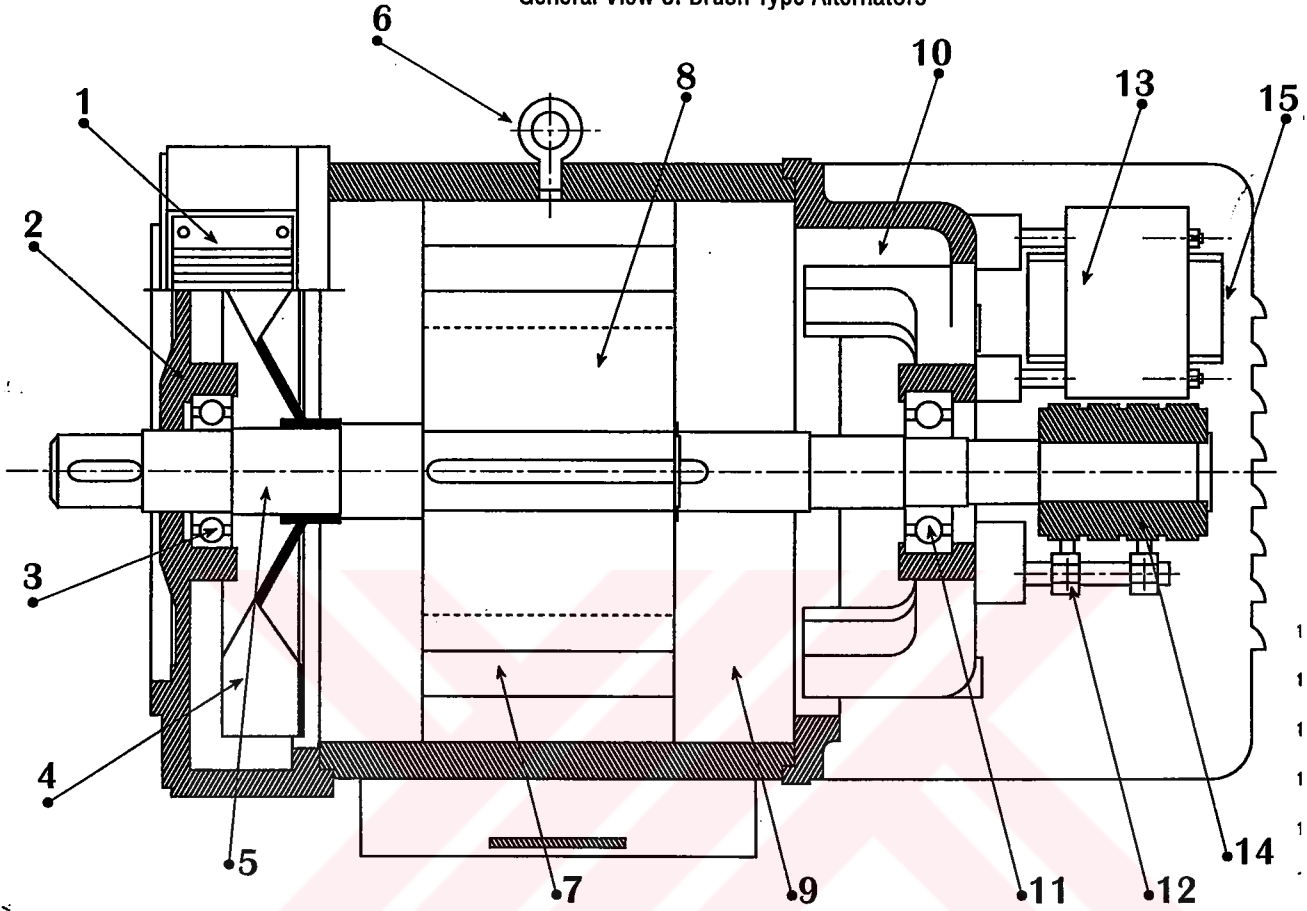
Yukarıda anlattığımız regülasyon yöntemlerinin tamamı bu tip alternatörlerde kullanılmıştır. Hatta çok eski alternatörlerde mekanik düzeneklerden yararlanılarak regülasyon yapıldığına şahit oldum. Bu çeşit alternatörlerin servisine gittiğim zaman eğer regülasyon arızası ile karşılaşırsam regülasyon sistemi ne olursa olsun iptal ederek elektronik regülatör bağlayarak, regülasyonun daha basit ve hızlı yapılmasını sağlıyoruz.

Daha büyük güçlerde alternatöre olan talep ve fırçalı alternatörde sürtünmeden kaynaklanan problemler yüzünden yapılan çalışmalar sonucunda tez çalışmasının da konusu olan , en son sistem olan fırçasız tip alternatörler geliştirilmiştir. Bu gün yurdumuzda 2000 kVA lar mertebesine kadar güçlerde üretilen alternatör-lerin yurt dışında çok daha büyük güç ve gerilimlerde olanlarının imalatı yapılmaktadır.

Kaliteli bir alternatörde aranan ; harmoniksiz düzgün bir gerilim üretimi, sürekli çalışmada ısınmasız, güç kaybı olmaksızın etiket değerinde yani nominal değerlerde çalışabilmesidir. Ayrıca aranan mekanik özellikler de vardır; küçük hacim, tahrik makinalarına kolay montaj edilebilmesi , çabuk soğuma gibi.

Şimdi öncelikli olarak fırçasız tip, duran endüvili, kendinden uyartımlı, elektronik regülatörlü alternatörlerin genel yapıları ve çalışma prensiplerinden kısaca bahsedilecektir.

Fırçalı Alternatörlerin Genel Görünüşü  
General View of Brush Type Alternators



Şekil 1.1 Fırçalı tip alternatör

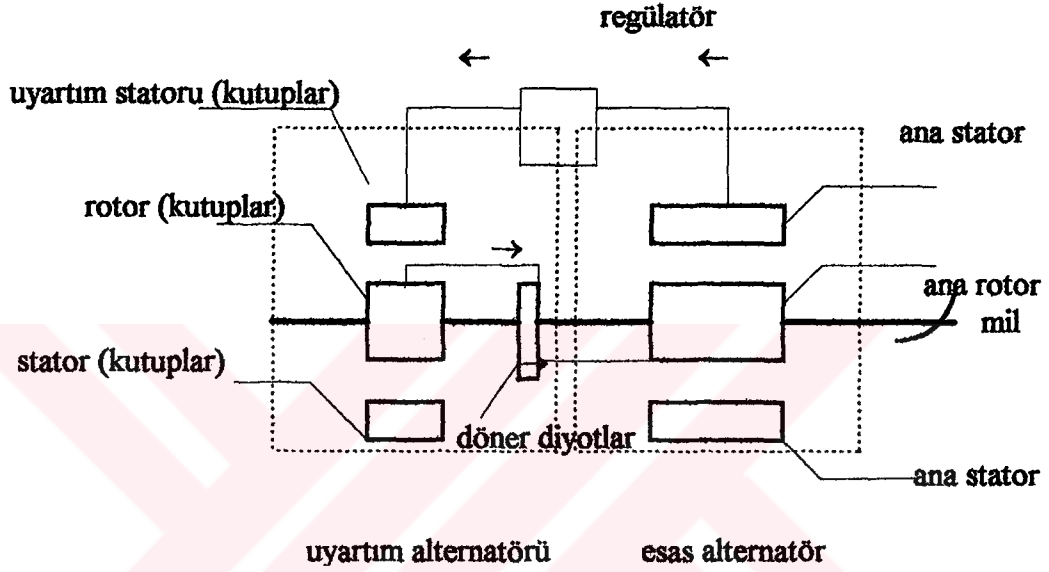
- 1-Panjur
- 2- Döküm kapak
- 3-Rulman
- 4-Pervane
- 5- Mil
- 6-Mapa
- 7- Kutup (yastık)
- 8- Rotor sac paketi
- 9- Gövde
- 10- Döküm kapak
- 11- Rulman
- 12- Fırçalar
- 13- Regülasyon trafosu
- 14- Bilezikler
- 15- Panjur kapak



## 2. FIRÇASIZ TİP, DURAN ENDÜVİLİ, DÖNEN KUTUPLU (ENDÜKTÖRLÜ) KENDİNDEN DENETİMLİ, ELEKTRONİK REGÜLATÖRLÜ SENKRON ALTERNATÖRLER

### 2.1.Genel Yapı ve Çalışma Prensibi:

Bu tip alternatörleri birbirini besleyen aynı mile bağlı iki ayrı alternatörmüş gibi düşünebiliriz.



Şekil 2.1 Blok diyagram

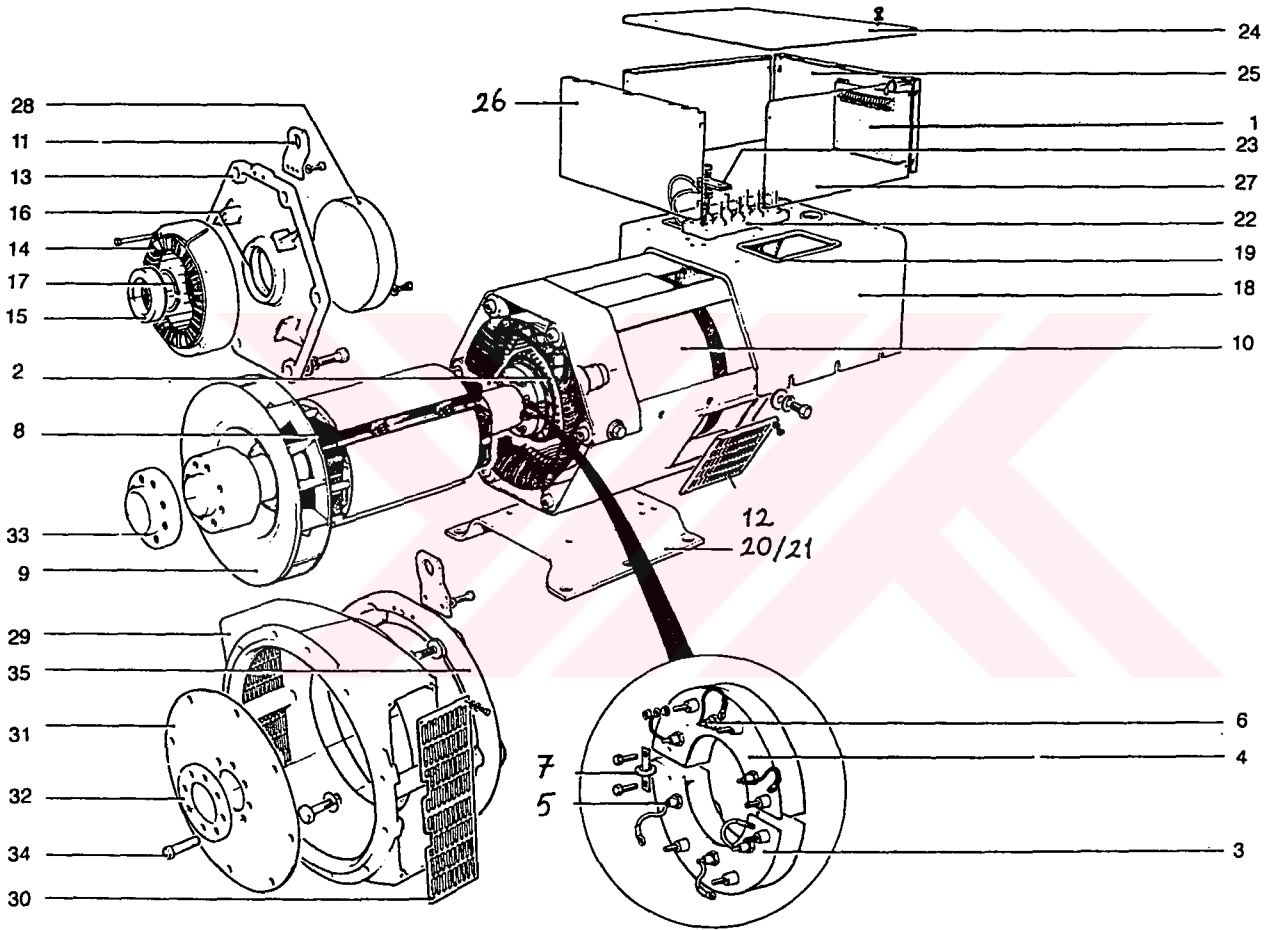
Gerilimin endüklendiği sargıların bulunduğu stator ya da endüvi sac paketi, boru ya da kıvrıma yu-varlak sacın içine sıkı geçme olarak yerleştirilir. Böylece alternatörün gövdesi teşkil edilmiş olur. Gövdenin alt-tında ayak bulunur. Stator gövde içinde endüktör yani uyartım sargılarının bulunduğu kutup sac paketi döner Milin en ucunda aliminyum pervane ve onun önünde tahrik makinasına akuplaj için kullanılan bağlantı aparatları bulunur. Uyartım ana kutuplarının arkasında aynı mil üzerinde yardımcı uyartım rotoru bulunur. Bu rotor ana alternatörden daha yüksek frekansta AC gerilim üretir. Üretilen bu gerilim, üç faz tam dalga doğrultucu görevi yapan altı adet diyotun bulunduğu diyot tablasına gönderilir ki, bu diyot tablası da rotorla beraber döner ve doğrultulmuş gerilim ana uyartım kutuplarına gönderilir. Yardımcı uyartım rotoru frekansa göre belirlenen sayıda kutup içinde döner ki, bu kutuplara yardımcı uyartım statoru denir ve yardımcı uyartım rotoru için gerekli DC uyarımı sağlar. Bu kutuplar uyartım için gerekli DC gerilimi

regülasyon devresinden alınır. Regülatör de besleme gerilimini, voltaj kontrolünü yaptığı ana statordan alır. Böylece alternatör, kendi de-netimini yani regülasyonunu kendisi yapmış olur. Bu tip alternatörlerde otomatik kontrol söz konusudur.

Üretilen gerilim duran endüviden alınır. Bu gerilimin bir kısmı uyarım alternatöründe kullanılmaktadır. Bu tip alternatörlerin hesabı yapılırken iki ayrı frekansta ve gerilimde iki ayrı alternatörün hesabını yapmak gerekir.

Bu tip alternatörlerde regülasyon çok hassastır. Elektronik devre voltaj regülasyonunu yükün durumuna göre gerilimin düşüp yükselmesine göre yaptığı gibi, tahrik makinasının devrinin düşüp, artmasına göre de frekans kontrolü yaparak, gerilimin sabit kalmasını sağlar.

Harmoniklere karşı çok hassas yüklerin bulunduğu ortamlarda bir üçüncü alternatör olan ve yardımcı uyarım statoruna ağırlı regülatörün beslemesini yapmak üzere milin en arkasına Permanent Magnet Generatör bağlanır.



Şekil 2.2 Fırçalı tip alternatör

PARÇA NO:	AÇIKLAMA	PARÇA NO:	AÇIKLAMA
1	OTOMATİK VOLTAJ REGÜLATÖRÜ / AVR	19	ALTERNATÖR ÇIKIŞ UÇLARI YUVASI / FRAME GROMMET
2	UYARTIM ROTORU / EXCITER ROTOR ASSY	20	AYAK / FOOT
3	DİYOT BAĞLANTIDİSKİ (AC GİRİŞ) / RECTIFIER ASSY FORWARD	21	AYAK / FOOT
4	DİYOT BAĞLANTI DİSKİ (DC ÇIKIŞ) / RECTIFIER ASSY REVERSE	22	ALTERNATÖR BAĞLANTI KLEMENSİ / MAIN TERMINAL PANEL
5	DİYOT (ANOT) / DIODE FORWARD POLARITY	23	NÖTR KÖPRÜSÜ / TERMINAL LINK
6	DİYOT (KATOD) / DIODE REVERSE POLARITY	24	BAĞLANTI KUTUSU KAPAĞI / TERMINAL BOX LID
7	VARİSTÖR / VARISTOR	25	* * * *
8	ANA ROTOR SARGISI / PRESSED ROTOR ASSEMBLY	26	* * * *
9	FAN / FAN	27	* * * *
10	STATOR GÖVDESİ / STATOR/BAR ASSEMBLY	28	ARKA RULMAN KAPAĞI /COVER NDE
11	TAŞIMA BRAKETİ / LIFTING BRACKET	29	SAE / ENDBRACKET/SAE ADAPTOR DE
12	HAVALANDIRMA PANCURU / FRAME INLET LOUVRE	30	HAVALANDIRMA PANJURU / SCREEN DE
13	ARKA RULMAN YATAK KAPAĞI / ENDBRACKET NDE	31	KAPLİN DİSK / COUPLING DISC
14	UYARTIM STATORU / EXCITER STATOR ASSEMBLY	32	KAPLİN TUTMA BİLEZİĞİ / WASHERS
15	RULMAN YATAĞI / BEARING NDE	33	KAPLİN ARALIK VERİCİSİ / COUPLIN SPACER
16	ARKA KAPAK RULMAN YATAĞI / BEARING O RING	34	KAPLİN CİVATASI / COUPLIN BOLT
17	KELEPÇE / CIRCLIP NDE	35	ÖN KAPAK FLANŞI / ADAPTOR RING DE
18	KLEMENS BAĞLANTI GÖVDESİ / SADDLE		

Tablo 2.1

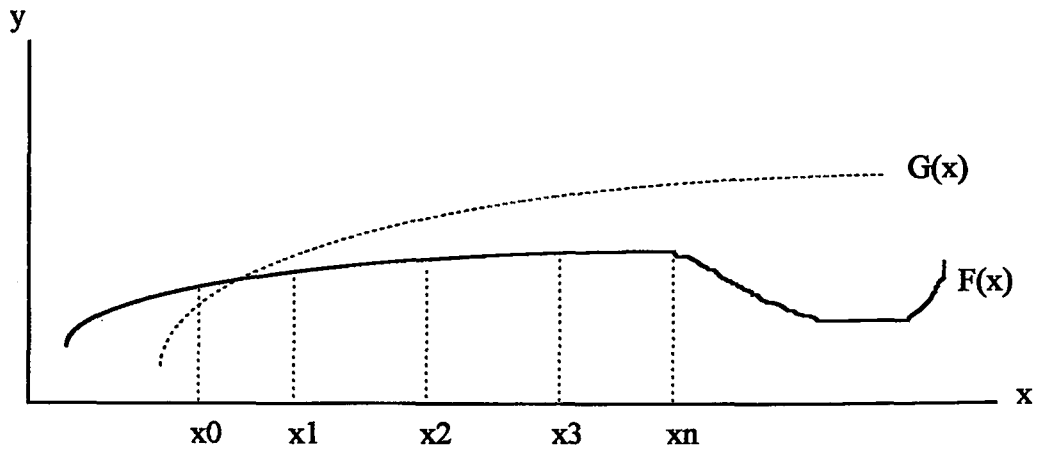
### 3.HESPLAMALARA GİRİŞ

Öncelikle ana alternatörün hesapları yapılacaktır.Daha sonra ana alternatörün ihtiyacı olan uyartım gücüne göre de yardımcı alternatörün hesaplamaları yapılacaktır.Yardımcı alternatörün ihtiyaç duyduğu DC gerilime ve ana alternatörün regülasyon sahasına göre de elektronik regülatörün hesapları yapılacaktır.

Alternatör hesaplamalarında yararlandığım kaynakların tümünde hesaplamalar için gerekli bir çok değerler istatistikler sonucu elde edilmiş tablolar veya grafiklerden seçilmektedir.Yaptığımız hesapları bilgisayar paket programı haline getirmek istediğimizden dolayı hesap değerlerini tablolardan veya grafiklerden seçmek yerine bu tablo veya grafikleri özel matematiksel yöntemlerle formülize ederek , programlamaya daha uygun hale getirdik. Fonksiyon eğrilerini yaklaşım fonksiyonlara çevirerek bu fonksiyona ait denklem yazılır ve bu denklem sayesinde istenen tüm değerler hesaplanabilir. Bu yöntemlerden biri olan **minimaks yaklaşım yön-temlerinden enküçük kareler yöntemi** kullanılacaktır.

Hesaplamalar için dizel veya doğal gazlı tahrik motorlarında akuple edilmiş ve piyasada yaygın şekilde kullanılan ve Türkiye şartlarına göre piyasa için orta büyüklükte bir güç olan 250 kVA gücünde bir alternatör için hesaplamalar yapılacaktır.

#### 3.1.En Küçük Kareler Yöntemi



Bir  $f(x)$  fonksiyonu daha basit bir fonksiyonla ifade edilmek istendiğinde yada  $f(x)$  fonksiyonu için  $n+1$  tane nokta bir takım ölçümler (deney sonuçları) olarak verilmişse o zaman basit fonksiyonun tipine veya verilere uygun olarak seçilen bir  $G(x) = G(x, c_1, c_2, c_3, \dots, c_m)$  fonksiyonuna esas fonksiyonu uydurma yöntemlerinden biridir. Burada yaklaşım fonksiyonunun polinom fonksiyonu olma zorunluluğu yoktur. Uygulayıcının problemine uygun fonksiyon yaklaşım fonksiyonu olarak seçilebilir. Bu tip fonksiyonların  $f(x)$  fonksiyonunu en uygun şekilde temsil etme veya verilere en yakın bir fonksiyon olabilmesi için baz parametrelerin  $(c_1, c_2, c_3, \dots, c_m)$  neler olması gerektiği araştırılır. Bunun içinde eğer  $(a, b)$  nin her noktasına  $((a, b) = (x_0, x_n))$ ,  $r(x_i) = f(x_i) - G(x_i)$  mutlak hataların cebirsel değerleri olmak üzere bu hataların kareleri alınır ve  $(x_0, x_n)$  de tüm noktadaki bu hataların kareleri toplamı yazılırsa

$$M = \sum_{i=0}^n r^2(x_i) = \sum_{i=0}^n [f(x_i) - G(x_i)]^2 \quad (3.1)$$

$$M = \int_{x_0}^{x_n} [f(x) - G(x)]^2 \cdot Dx \quad (3.2)$$

$M$  ile ifade ettiğimiz bu toplam pozitif ve bu pozitif büyüklüklerin ( ya da hataların kareleri toplamının ) en küçük olması için  $G(x)$  yaklaşım fonksiyonunun , dolayısıyla bu yaklaşım fonksiyonunun  $G_j$  ile gösterilen parametrelerin nasıl seçilmesi gerekir sorusunun cevabı en küçük kareler yöntemi ile bir yaklaşım fonksiyonunu belirlemektir.  $M$  'in minimum olması için gerek şart.

$\frac{dM}{dc_j}$

$= 0$  olmasıdır.  $j=1(1)m$  işte bu karşımıza  $m$  bilinmeyenle bir denklem sistemini

$C_j$

çıkartır

Bu denklem sistemi herhangi bir çözümlenme suretiyle  $C_j$  ler doltüsüyle yaklaşım fonksiyonunu en küçük kareler yöntemi ile bulunmuş olur.  $G(x)$  yaklaşım fonksiyonunun lineer hale sokulması gerekir.

### Örnek Kullanım :

Aşağıda  $x$  'in bazı değerleri için  $f$  fonksiyonunun aldığı değerler verilmiştir. Şimdi bilinmeyen bu  $f$  fonksiyonunu  $G(x) = a + b/x + c/x^2$  gibi bir yaklaşım fonksiyonu ile formülize edelim :

$x_i$	1	2	4	5	10	16
$f_i$	6	1	2	3	4	5
$u_i = 1/x_i$	1	1/2	1/4	1/5	1/10	1/16

$$G(u) = a + bu + cu^2 \quad (3.3)$$

$$M = \sum_{i=1}^6 [f_i - G(u_i)]^2 = \sum_{i=1}^6 [f_i - a - bu_i - cu_i^2]^2 \quad (3.4)$$

$$dM/da = 0, \quad a \sum_{i=1}^6 1 + b \sum_{i=1}^6 u_i + c \sum_{i=1}^6 u_i^2 = \sum_{i=1}^6 f_i \quad (3.5)$$

$$dM/db = 0, \quad a \sum_{i=1}^6 u_i + b \sum_{i=1}^6 u_i^2 + c \sum_{i=1}^6 u_i^3 = \sum_{i=1}^6 u_i f_i \quad (3.6)$$

$$dM/dc = 0, \quad a \sum_{i=1}^6 u_i^2 + b \sum_{i=1}^6 u_i^3 + c \sum_{i=1}^6 u_i^4 = \sum_{i=1}^6 u_i^2 f_i \quad (3.7)$$

Üç bilinmeyenli üç lineer denklemden oluşmuş sistem ,

$$\sum u_i = 2.1125$$

$$\sum f_i = 21$$

$$\sum u_i^2 = 1.3664062$$

$$\sum u_i f_i = 8.3125$$

$$\sum u_i^3 = 101449869$$

$$\sum u_i^2 f_i = 605545313$$

$$\sum u_i^4 = 1.0681215$$

Denklemler sistemi ;

$$6a + 2.1125b + 1.3664062c = 21$$

$$2.1125b + 1.3664062c + 1.1149969c = 8.3125$$

$$1.3664062a + 1.1149969b + 1.0681215c = 6.5545313 \text{ şeklinde olur.}$$

Çözüldüğünde :

$$a = 20.347333 \quad b = 20.379906 \quad c = 6.041638 \text{ elde edilir.}$$



$$G(x) = 20.347333 + \frac{20.379906}{x} + \frac{6.041638}{x^2} \quad (3.8)$$

Böylece istatistikler sonucu bulunan bu değerler formülize edilmiş oldu . Artık x in tüm değerleri için f değeri hesaplanabilir. Alternatör hesapları ve imalatları sonucu elde edilen istatistiklerden faydalanılarak çıkarılan tablolar ve grafikler de bu yöntemlerle formülize edilerek hesaplamaların daha kolay yapılması sağlanacaktır.

Bundan sonra ana üretim alternatöründen itibaren alternatörün tüm hesapları , bu metotttan da sıkça yararlanılarak , yapılacaktır.

### 3.2.ANA ÜRETİM ALTERNATÖRÜ İÇİN HESAPLAR

#### Hesaplanacak alternatörün nominal değerleri

Sanal güç :	$P_s = 250 \text{ k VA}$
Güç faktörü :	$\cos \varphi = 0.8$
Nominal uç gerilimi	$U_n = 400 / \sqrt{3} = 231 \text{ V/ faz}$
Nominal akım :	$I_n = 361 \text{ A}$
Frekans :	$f = 50 \text{ Hz}$
Devir :	$n = 1500 \text{ d / d}$

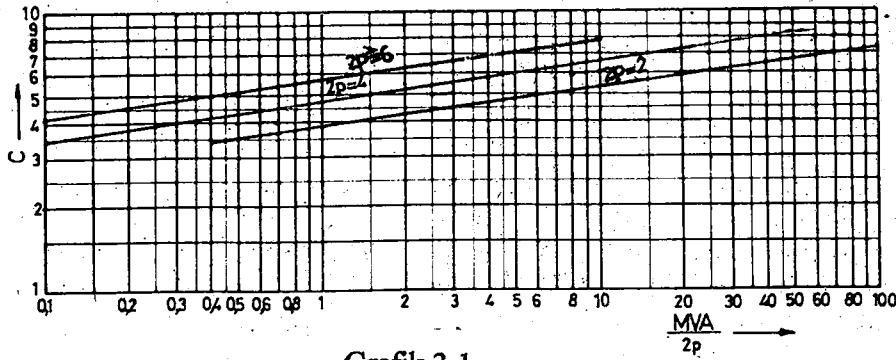
Çift kutup sayısı :

$$p = \frac{f \times 60}{n s} \Rightarrow p = 2 \quad 2p = 4 \quad (3.2.1)$$

$$S = U \times I \Rightarrow I = 361 \text{ A} \quad (3.2.2)$$

#### 3.2.1. Ana Boyutların Bulunması

$P_{sn} = C \times D_i \times L_i \times n_s$  [ Kva] formülünde kullanılan C değeri faydalanma katsayısı olup, aşağıdaki grafikten yararlanılarak elde edilen formülle bulunur. Tabi ki minimaks yaklaşımlar yönteminden yararlanıldı.



Grafik 3.1

$(MVA / 2p) = x_i$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1
C	3.5	3.75	4	4.2	4.26	4.5	4.6	4.75

$$M = \sum_{1}^{8} (f_i - G(x_i)) = \sum_{1}^{8} (f_i - A x_i - B)$$

$$(dM / dA) = 0 \quad , \quad A \sum X_i + B \sum X_i = \sum f_i \cdot X_i$$

$$(dM / dB) = 0 \quad , \quad A \sum X_i + B \sum 1 = \sum f_i$$

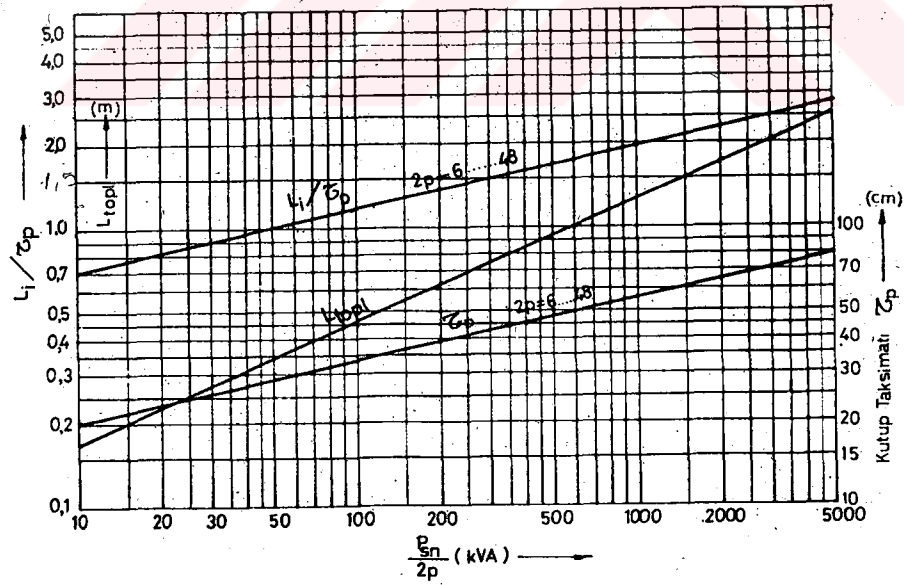
$$\sum X_i = 2.55 \quad \sum X_i = 3.9 \quad \sum 1 = 36 \quad \sum f_i = 33.56 \quad \sum f_i \cdot X_i = 17.24$$

$$B = 3.534104046 \quad A = 1.355684008$$

$G(X) = 1.355684008 \cdot X + 3.534104046$  olur. Buradan  $X_i = 0.0625$  için  $C = 3.618834$  çıkar.

$$\frac{S(MVA)}{2p} = (0.25 / 4) = 0.0625 \text{ idi.}$$

$$C = 3.618834 \frac{\text{kVA}}{\text{m}^3 \cdot \text{dak}}$$



Grafik 3.2

$$\frac{L_i}{\tau_p} \Rightarrow \frac{P_{sn}}{2p} = 62.5 \quad \text{Şekil-2'den } \frac{L_i}{\tau_p} \text{ değeri bulunmalı. Yine en küçük kareler yöntemi ile}$$

$$\text{Formülümüz ; } \frac{L_i}{\tau_p} = 0.007640718 \left( \frac{P_{sn}}{2p} \right) + 0.638323353 \text{ olup, } 62.5 \text{ için sonuç } 1.11 \text{ dir.}$$

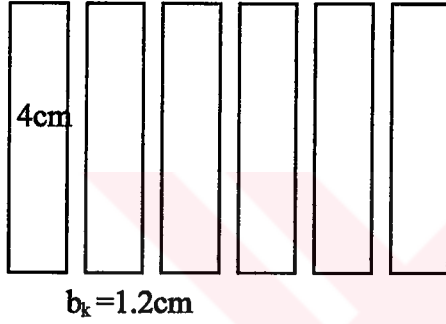
$$L_i = \frac{1.40 * \pi * D_i}{2p} \text{ ve } P_n = \frac{C * D_i^2 * 1.40 * \pi * D_i}{2p} \Rightarrow \text{formüllerinden stator iç çapı}$$

$$D_i = \sqrt[3]{\frac{P * 2p}{1.40 * \pi * C * n}} \Rightarrow D_i = 0.376 = 0.40 \text{ m alındı.} \quad D_i = 40 \text{ cm}$$

$$P_n = C * D_i^2 * L_i * n \Rightarrow L_i = \frac{P_{sn}}{C * D_i^2 * n_s} \text{ şeklinde fiktif endüvi uzunluğu ;}$$

$$L_i = 250 / (3.618834 * 0.4 * 0.4 * 1500) = 0.287 \text{ m} = 30 \text{ cm} \quad L_i = 0.30 \text{ m}$$

Her biri 1.2 cm genişliğinde 6 adet soğutma kanalı alınarak , endüvinin toplam uzunluğu



$$L_{top} = L + z_k * b_k \quad (L = L_i * 0.9)$$

5 adet 1.2cm genişliğinde soğutma kanalı seçildi.

$$L_i = 4 * 6 + 5 * 1.2 = 30 \text{ cm}$$

$$L_{top} = 30 * 0.9 + 5 * 1.2$$

$$L_{top} = 33 \text{ cm}$$

$$L_{top} = 33 \text{ cm}$$

$$\frac{\delta_o}{\tau_p} \approx 0.3 * \frac{A_a}{B_{s0}} * 10^{-4}$$

$$\tau_p = \frac{\pi * D_i}{2p} = (3.14 * 40) / 4 = 31.416 \text{ cm} \quad \tau_p = 31.416 \text{ cm}$$

Deneysel çalışmalardan alınan sonuçlar doğrultusunda  $B_s = 0.87$  ve  $A_a = 445$  alınırsa

$$\frac{\delta_o}{\tau_p} = 0.3 * \frac{445}{0.87} * 10^{-4} \Rightarrow \frac{\delta_o}{\tau_p} = 0.0153 \quad \frac{\delta_o}{\tau_p} = 0.0153$$

$$\delta_0 = 31.416 * 0.0153 \Rightarrow \delta_0 = 0.48$$

$$\delta_0 = 0.480 \text{ cm}$$

$$b_k^1 = b_k * \frac{1}{1 + 5 * \frac{\delta_0}{b_k}} \Rightarrow \text{sonuç } 0.3999 \text{ çıkar.}$$

$$L_i = L_{\text{top}} - z_k * b_k^1 \Rightarrow L_i = 33 - 5 * 0.39999 \text{ ise } L_i = 31 \text{ cm} \quad L_i = 31 \text{ cm}$$

### 3.2.2 STATOR SARGISI HESAPLARI :

İki tabakalı kesirli oluklu sargı seçilecek ve her bir kutuptaki bir sargı koluna ait oluk sayısı

$$q = g + \frac{z^1}{p^1} = 3 \text{ buna göre stator sargısı toplam oluk sayısı}$$

$$N = 2 * q * m * p \text{ ise } N = 2 * 3 * 3 * 2 = 36 \text{ çıkar}$$

$$N = 36 \text{ adet}$$

$$N / 2 * m = 6 \text{ (tam sayı)} \quad N / m * p = 6 \text{ (tam sayı) olduğundan}$$

simetri şartlarına uygundur. Stator demirindeki oluk taksimatı :

$$\pi * D_i / N = 3.49 \text{ cm (2-5.5 aralığında olmalı)}$$

$$\tau_0 = 3.49 \text{ cm}$$

Harmonikleri önlemek ve gerilimi tam sinüs şeklinde çıkmasını sağlamak amacıyla sarım kısa adımlı olarak yapılacaktır. Bir sargı kolunda endüklenen gerilimin efektif değeri:

$$E = 4.44 * f * \Phi_{\text{max}} * w_a * k_a * k_d \text{ volt}$$

$$k_a = \cos(90(1-a)) \text{ ve } a = \text{kısa adım} / \text{tam adım}$$

$$k_d = (\sin T * (\alpha/2)) / (T * \sin(\alpha/2)), \quad T = N/2p * m = 36/(4*3) = 3, \quad \alpha = 360 * p/N = 20$$

$$N = 36, \quad Y = N/2p = 36/4 = 9 \text{ adım } 1-10 \text{ olmalı. İki adım kısa sarılırsa, } 1-8 \text{ olur.}$$

$$a = 7/9 = 0.777777, \quad k_a = \cos(90(1-0.777777)) = 0.93969262$$

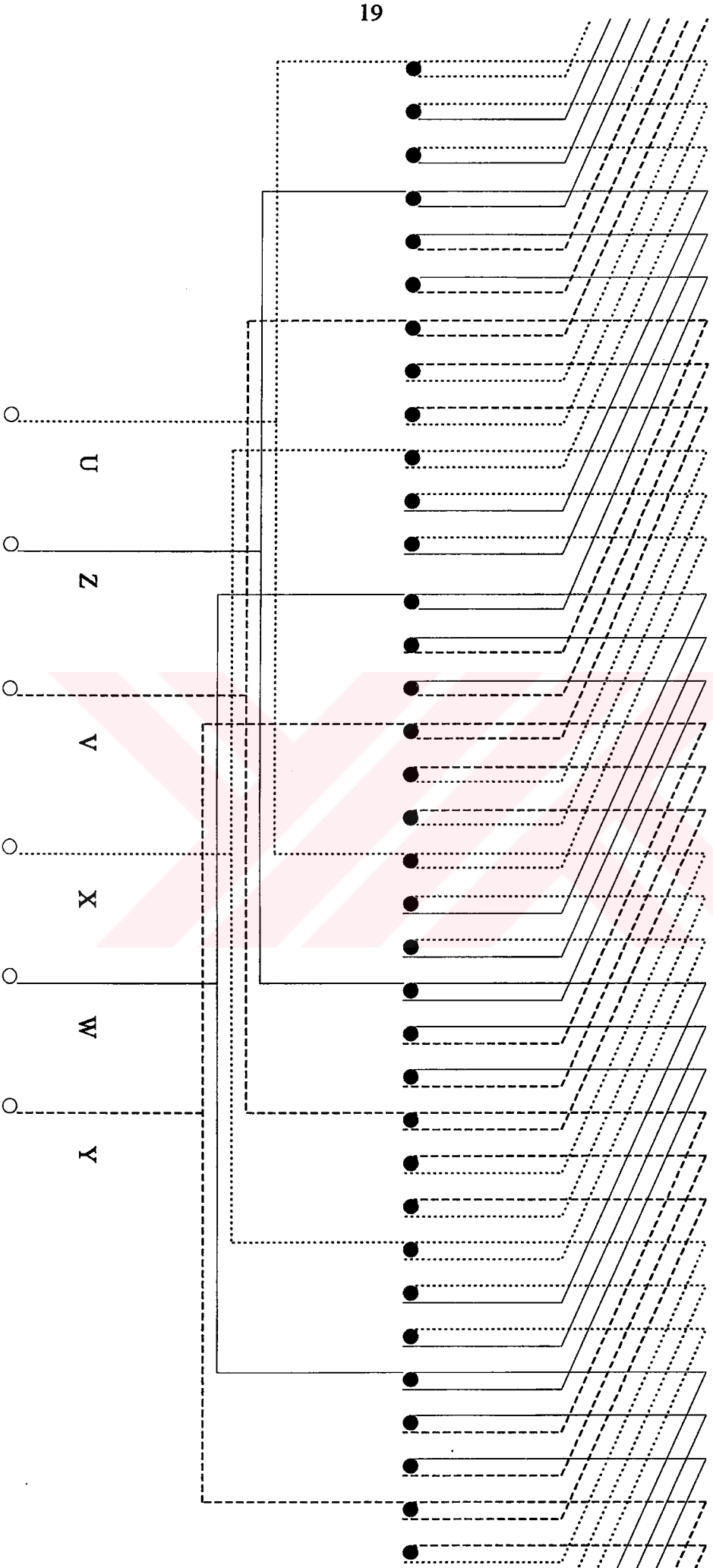
$$k_d = 0.9597508 \text{ çıkar.}$$

Kutup ayağı o şekilde eğik yapılacaktır ki kutup yayı içinde alan eğrisi sinüs formunda olacaktır.

Kutup yayı :  $b_p = 0.75 * \tau_p$  için aşağıdaki grafikten fiktif kutup örtme faktörü :  $\alpha_i = 0.65$

$$\text{dir. Fiktif kutup yayı } b_{pi} = \alpha_i * T_p = 0.65 * 31.416 \text{ ise } b_{pi} = 20.42 \text{ cm} \quad b_{pi} = 20.42 \text{ cm}$$

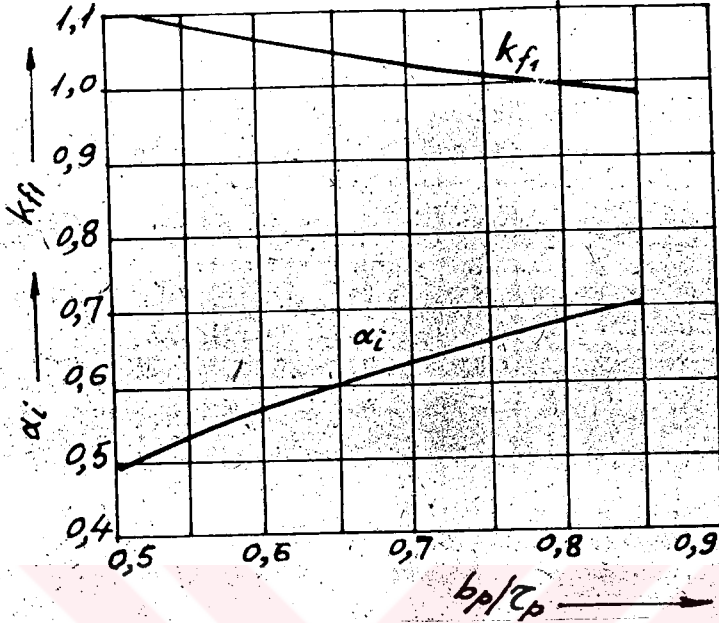
36 OYUKLU, 4 KUTUPLU SATATOR (ENDÜVİ) İÇİN TAM AMERİKAN SARIM ŞEMASI



Şekil 3.2 Sarım şeması

Kutup ortasındaki en büyük hava aralığı endüksiyonu  $B_{\delta_{\max}}=0.825$  Tesla kabul edilirse

Aşağıdaki grafikten  $\frac{b_p}{\tau_p} = 0.7$  için Alan faktörü



$\beta=0.97$  olduğu görülür.

Grafik 3.3

Hava aralığındaki endüksiyon eğrisinin birinci harmoniğinin genliği

$$B_{\delta 1 \max} = 0.825 / 0.97 = 0.85 \text{ tesla}$$

$$\phi_{1 \max} = \frac{2}{\pi} * \tau_p * L_i * B_{1 \max} \text{ ise}$$

$$\phi_{1 \max} = 0.0620 \text{ Weber}$$

$$E = 4.44 * f * W_a * \xi_1 * \phi_{1 \max} \text{ (Volt)}$$

$$W_a = \frac{U_n}{4.44 * f * \xi_1 * \phi_{1 \max}} = \text{ise bir fazdaki sarım sayısı}$$

$$W_a = 32.22 = 35 \text{ alalım.}$$

$$W_a = 35$$

Toplam iletken sayısı  $Z_a = 2 * m * W_a = 2 * 3 * 35 = 210$  iletken

$$Z_0 = \frac{Z_a}{N} = 6 \text{ (Bir oluktaki iletken sayısı)}$$

$$B_{\delta 1 \max} = (32/35) * 0.85 = 0.777 \text{ tesla ve } \Phi_{1 \max} = (32/35) * 0.0620 = 0.05668 \text{ weber olur}$$

Kabul ettiğimiz iletken sayısında çevre akım yoğunluğu

$$A = (Z_a * I_a) / (3.14 * D_i) = 436 \text{ A/cm}$$

21

$$q = N / 2p * m = 36 / 4 * 3 = 3 \text{ mm}^2$$

$$q = 3 \text{ mm}^2$$

$$q_a = I_a / S_a = 261 / 3.81 = 69 \text{ ise}$$

4mm  (3 Adet)

6mm

### 3.2.3 Oluk Genişliği ;

Yalıtılmış kısmi iletkenler	2*6.6=13.2
Kılıf	2*2.2=4.4
Kısmi iletkenler arasındaki asfalt	1*0.3=0.3
İletken ile kılıf arasındaki asfalt	2*0.6=1.2
Kılıf ile oluk cidarları arasındaki oynaklık	2*0.45=0.9

$$\text{Oluk Genişliği } (b_0^1) = 24 \text{ mm} \quad b_0^1 = 24 \text{ mm}$$

### 3.2.4 Oluk Derinliği ;

Yalıtılmış 8 kısmi iletken	6*4.6=28.8
Kılıf	2*2.2=4.4
Kısmi iletkenler arasındaki asfalt	7*0.1=0.7
İletken ile kılıf arasındaki asfalt	2*0.6=1.2

$$\text{Bir bobin yanı için} = 43.1$$

İki bobin yanı için	2*43.1=86.2
Bobin yanları ara şeridi	1*2.6=2.6
Oynaklık	0.4

$$\text{Oluk yüksekliği } (h_0^1) = 89.2 \text{ mm}$$

$$h_0^1 = 89.2 \text{ mm}$$

$$h_0 = 94.2 \text{ mm}$$

$$\frac{h_0^1}{b_0^1} = \frac{89.2}{20} = 4.46 \text{ (4 ile 6 arasında olduğu için seçilen kesit uygundur.)}$$

$$B_{di} = \frac{L_i * \tau_0}{k_e * L * b_{di}} * B_{\delta_{maz}}$$

$$B_{\delta_{maz}} = B_{\delta_{1max}} * \beta = 0.8075 * 0.97 = 0.7832 \text{ ve}$$

$$b_{di} = \tau_0 - b_0 = 5.29 - 2.4 = 2.89 \Rightarrow$$



$$B_{di} = \frac{55 * 5.29}{0.91 * 50.04 * 2.89} * 0.7832 = 2.210 \text{ Tesla} \quad B_{di} = 2.210 \text{ Tesla}$$

2.210 > 1.6 Tesla olduğundan uygundur.

### 3.2.5 Stator Sargısında Kullanılan Toplam Bakır Ağırlığının Hesabı

$$l_{ort} = 2 * (L_{Top} + 1.4 * y + 2.5 * b_1 + 20 * b_a)$$

$$= 2 * (33 + 1.4 * 2.5 + 2.5 * 1 + 20 * 0.2) = 86$$

Statora yerleştirilmiş 3 fazlı sargının toplam iletken uzunluğu ;

$$L_{cu-a} = m * a * W_a * l_{ort} = \frac{Z_a * l_{ort}}{2} :$$

$$= 210 * 86 / 2 = 90030 \text{ cm} = 900 \text{ m}$$

Kullanılan Bakırın toplam ağırlığı ;

$$G_{cu-a} = v_{cu-a} * L_{cu-a} * q_{cu-a} * 10^{-3} :$$

$$= 8.9 * 90030 * 0.7 * 0.001 = 48 \text{ kg}$$

Faz başına stator sargısı direnci ;  $75^{\circ} \text{C}$  (İşletme sıcaklık derecesinde)

$$R_a = \frac{1}{x} * \frac{L_{cu-a}}{m * q_{cu-a}} = \rho * \frac{L_{cu-a}}{m * q_{cu-a}} =$$

$$= 0.0216 * 900 / 3 * 68 = 0.09 \text{ ohm / faz}$$

### 3.2.6 Stator saç paketi dış çapının hesabı ;

$$\phi_{0max} = \beta * \alpha_i * \tau_p * L_i * B_{\delta 1max} = \phi * \tau_p * L_i * B_{\delta 1max} = \frac{\phi}{2} * \phi_{01max}$$

$$\frac{b_p}{\tau_p} = 0.75 \Rightarrow \beta = 0.97 \text{ ve } \alpha = 0.63 \text{ için}$$

$$\phi_{01max} = 0.97 * 0.65 * 0.31416 * 0.310 * 0.8075 = 0.04958 \text{ veber}$$

$$\phi_{01max} = 0.04958 \text{ Weber}$$

$$\phi_{01max} = 0.04958 \text{ Weber}$$

$B_{ba} = 1.08 \text{ Tesla}$  olarak alındı ,

Boyunduruk yüksekliği  $B_{ba} = \frac{\phi_{0max}}{2 * k_e * L * h_{ba}}$  olduğuna gre  $k_e = 0.91$  iin

$$= 0.04958 / (2 * 0.91 * 0.33 * 1.08) = 0.0764359 \text{ m}$$

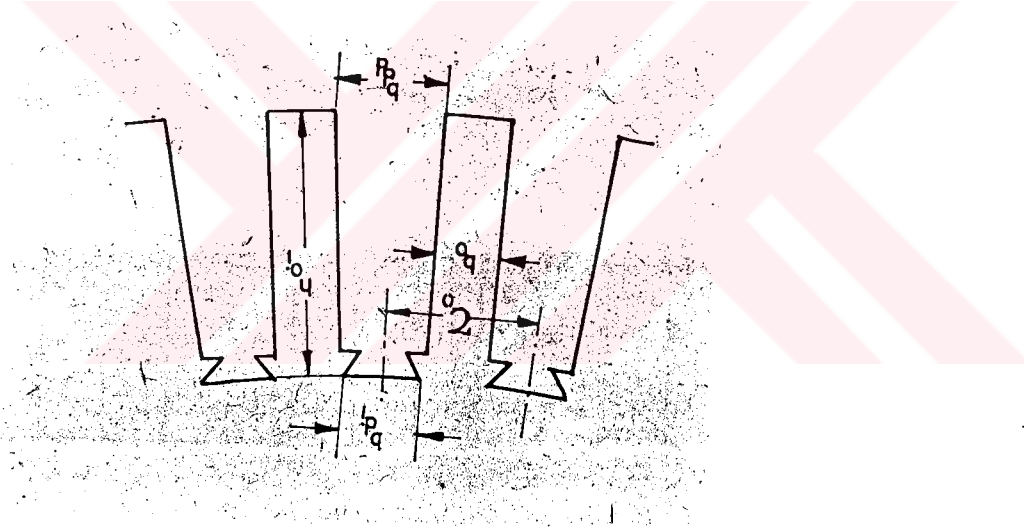
Bu boyunduruk yksekliğinde stator sa paketinin dış apı ;

$$D_a = D_i + 2 * h_o + 2 * h_a = 40 + 2 * 9.4 + 2 * 7.6 = 75 \text{ cm}$$

Hava aralığı :

$$\delta_o \approx 0.3 * \frac{A_a}{B_{s0}} * \tau_p * 10^{-4} =$$

$$= 0.3 * 436 / 0.7832 * 31.416 / 10000 = 0.525 \text{ cm}$$



Şekil 3.3 Oyuk görüntüsü

### 3.2.7 Kutup Boyutlarının bulunması

Boştaki kutup dağılmasının hava aralığı akısının %21'i kadar olduğu kabul edilecektir.

$$\phi_{pç} = 1.21 * \phi_{10} =$$

$$Q_{pç} = \frac{\phi_{pç}}{B_p} \Rightarrow$$

$$= 1.21 * 0.04958 / 1.25 = 0.04799$$

Doldurma faktörü  $k_e = 0.96$  alındığında ve  $L_p = L_{pç} = L_{top} = 33$  cm

ise kutup çekirdeği genişliği;

$$b_{pç} = \frac{Q_{pç}}{k_e * L_{pç}} = \quad b_{pç} = 479.9 / 0.96 * 33 = 15 \text{ cm}$$

$h_{p1}, \tau_p = 31.416$  ve  $p=2$  için  $h_{p1} = 3.1$  cm olarak alındı.

$h_p = 12$  cm alındı. Kutup çekirdeği yüksekliği,  $h_{pç} = h_{p1} - h_{p1} = 12 - 3.1 = 8.9$  ise

$h_{pç} = 8.9$  cm  $h_{ps} = 8$  cm bulunur.

$h_{ps} = 8$  cm

### 3.2.8 Rotor Boyunduruğu

$B_{br} = 1.05$  Tesla alınır ;

$$Q_{br} = \frac{\phi_{br}}{B_{br}} = \frac{\phi_o + \phi_{pç0}}{2 * B_{b1}} = \frac{\phi_{pç}}{2 * B_{br}} =$$

$$Q_{br} = 0.04799 / 2.1 = 228 \text{ cm}^2$$

### 3.2.9 KUTUP BAŞINA ŞEKİL VERİLMESİ

$$b_p = 0.75 * \tau_p :$$

$$1) x = \frac{b_p}{2}$$

$$\delta_x = \delta_0 * \frac{1}{\cos \frac{\pi * x}{\tau_p}}$$

$$= 0.52511 \text{ cm}$$

$$2) x = 50 \text{ mm}$$

$$\delta_x = \delta_0 * \frac{1}{\cos \frac{\pi * x}{\tau_p}} =$$

$$= 0.527 \text{ cm}$$

### 3.2.10 Stator Boyunduruğundaki Mağnetik Gerilim

$$B_{ba} = \frac{\phi_{ba}}{k_e * L * h_{ba}}$$

$$B_{ba} = 0.04958 / 2 * 0.91 * 0.33 * 0.0764351 = 1.08 \text{ Tesla}$$

$$2 * l_{ba} = \pi * \frac{D_a}{2p} =$$

$$75 * 3.14 / 4 = 58.9 \text{ cm}$$

Stator boyunduruğundaki mağnetik gerilim,

$$2 * V_{ba} = 2 * l_{ba} * H_{ba} \text{ dir.}$$

$B_{ba} = 1.0815 \text{ Tesla}$  için Alan şiddeti  $H_{ba} = 5.5 \text{ A/cm}$  olur.

$$2 * V_{ba} = 58.9 * 5.5 = 323.95 \text{ A}$$

### 3.2.11 Stator Dişlerindeki Mağnetik Gerilim

Dişlerdeki mağnetik gerilimi hesap etmek için dişin 1.2 yüksekliğindeki alan şiddetini hesap ederek bunu ortalama alan şiddeti olarak hesaba katmak kafidir.1.2 diş yüksekliğindeki diş genişliği şuna eşittir.

$$b_{\text{dort}} = \tau_o * (1 + h_o/D) - b_o \text{ olduğuna göre,}$$

$$b_{\text{dort}} = 5.29 * (1 + 9.42/40) - 2.4 = 4.13$$

$$B_{\text{dort}} = \frac{L_i}{k_e * L} * \frac{\tau_o}{b_{\text{dort}}} * B_\delta$$

$$B_{\text{dort}} = (31 * 5.29 * 0.7832) / (0.9 * 33 * 6) = 0.720 \text{ Tesla}$$

olup bunun nispetendüşük olmasının nedeni ile pratik olarak hakiki diş endüksiyonuna eşit kabul edilecektir. Şekil 98'deki mıknatıslanma eğrisinde bu endüksiyona karşılık gelen alan şiddeti  $H_{\text{da}} = 8.5 \text{ A/cm}$  için her iki dişdeki mağnetik gerilim;

$$2V_d = 2h_d * 2H_d = 2 * 94.2 * 8.5 = 160.14$$

$$2V_d = 160.14 \text{ A}$$

### 3.2.12 Hava Aralığındaki Mağnetik Gerilim

Carter Faktörü;

$$k_e = \tau_o * (\tau_o - y * b_o)$$

$$y * b_o \approx \frac{\left(\frac{b_o}{\delta}\right)^2}{5 + \frac{b_o}{\delta}} * \delta$$

$$k_e = \frac{\tau_o}{\tau_o - \frac{\left(\frac{b_o}{\delta}\right)^2}{5 + \frac{b_o}{\delta}} * \delta} = \frac{5.29}{5.29 - \frac{\left(\frac{2}{0.843}\right)^2}{5 + \frac{2}{0.843}} * 0.843} = 1.054$$

$$k_e = 1.054$$

### 3.2.13 Fiktif Hava Aralığı

$$\delta^1 = k_e * \delta = 1.054 * 0.843 = 0.889 \text{ cm}$$

$$\delta^1 = 0.889 \text{ cm}$$

$$2V_\delta = 1.6 * \delta^1 * B_\delta * 10^4 = 1.6 * 0.889 * 0.7832 * 10^4 = 11140.23 \quad 2V_\delta = 11140.23 \text{ A}$$

### 3.2.14 Kutuplardaki Mağnetik Gerilim

Kutup ayakları yüzeyleri arasındaki mağnetik gerilim;

$$A_p = \frac{L_p * h_{p0}}{0.8 * a_p} + 2 * h_{p0} * \log\left(1 + \frac{\pi}{2} * \frac{b_{pi}}{a_p}\right)$$

$$h_{p0} = \frac{2 * 4.44 * 2.258}{3} = 3.71$$

$$A_p = \frac{56.64 * 3.71}{0.8 * 8.4} + 2 * 3.71 * \log\left(1 + \frac{\pi}{2} * \frac{30}{8.4}\right)$$

$$A_p = 37.35 \text{ cm}$$

Çekirdek yüzeyleri arasındaki eşdeğer mağnetik iletkenlik;

$$A_\varphi = \frac{1}{2} * \frac{L_{p\varphi} * h_{p\varphi}}{0.8 * a_{\varphi o}} + h_{p\varphi} * \log\left(1 + \frac{\pi}{2} * \frac{b_{p\varphi}}{a_{\varphi o}}\right)$$

$$A_\varphi = \frac{1}{2} * \frac{56.64 * 17.96}{0.8 * 16.8} + 17.96 * \log\left(1 + \frac{\pi}{2} * \frac{20}{16.8}\right)$$

$$A_\varphi = 46.07 \text{ cm}$$

### 3.2.15 Kutup Ayağındaki Mağnetik Gerilim

$V_\sigma = 2V_\delta + 2V_d + 2V_{ba}$  Nominal gerilimde boşa çalışmada,

$$V_\sigma = 11140.23 + 160.14 + 263.065 = 11563.435$$

$$V_\sigma = 11563.435 \text{ A}$$

Her iki kutup ayağındaki  $\phi_{p\sigma}$  dağılımı akısı

$$\phi_{p\sigma} = 2V_\sigma * (A_p + A_\varphi) = 2 * 11563.435 * (37.35 + 46.07) = 1.929 \text{ maxwell}$$

$$\phi_{p\sigma} = 0.01929 \text{ Weber}$$

$$\phi_{p\sigma} = \phi + \phi_{p\sigma}$$

$$\phi_{p\check{c}}=0.1122+0.01929=0.13149$$

$$\phi_{p\check{c}}=0.13149 \text{ Weber}$$

$$Q_{p\check{c}}=(L_{p\check{c}} * b_k - 2(c)^2) * k_e$$

c:Kutup çekirdeği köşelerindeki eğrilmeye tekabül eden uzunluk:2.258 k<sub>e</sub>:Saçların doldurma faktörü

$$Q_{p\check{c}}=(56.64*20-2(2.258)^2)*0.98=1100\text{cm}^2$$

$$Q_{p\check{c}}=1100\text{cm}^2$$

Nominal gerilimde boşa çalışmadaki kutup endüksiyonu,

$$B_{p\check{c}}=\phi_{p\check{c}}/Q_{p\check{c}}=0.13149/0.1100=1.195$$

$$B_{p\check{c}}=1.195 \text{ Tesla}$$

Kutbun oturduğu yerden kutup ayağı yüzeyine kadar olan uzunluk,

$$l_{p\check{c}}=h_{p\check{c}}+h_{p1}=17.96+4.44=22.4$$

$$l_{p\check{c}}=22.4 \text{ cm}$$

Bir çift kutuptaki magnetik gerilim,

$$2V_{p\check{c}}=2 * l_{p\check{c}} * H_{p\check{c}} \text{ için Şekil 98'den dinoma saçına ait eğriden } B_{p\check{c}}=1.195$$

Tesla değeri için  $H_{p\check{c}}=5.45 \text{ A/cm}$  okunursa,

$$2V_{p\check{c}}=2 * 22.4 * 5.45=244.16$$

$$2V_{p\check{c}}=244.16 \text{ A}$$

### 3.2.16 Kutup Tekerleği Boyunduruğundaki Magnetik Gerilim

$$B_{br}=\frac{\phi_{p\check{c}}}{2 * Q_{br}}=\frac{0.13149}{2 * 0.0640}=1.024$$

$$B_{br}=1.024 \text{ Tesla}$$

$$2l_{br}=\frac{\pi * D_{i\check{c}}}{2p}=\frac{\pi * (D - 2 * (\delta_o + h_{p\check{c}} + h_{p1}))}{2p}$$

$$2l_{br}=\frac{\pi * (202 - 2 * (0.843 + 17.96 + 4.44))}{16}=30.53$$

$$2l_{br}=30.53 \text{ cm}$$

Şekil 98'den dökme çeliğe ait eğriden 1.024 Tesla için  $H_{br}=6.3 \text{ A/cm}$  almak suretiyle

kutup tekerleği boyunduruğundaki gerilim,

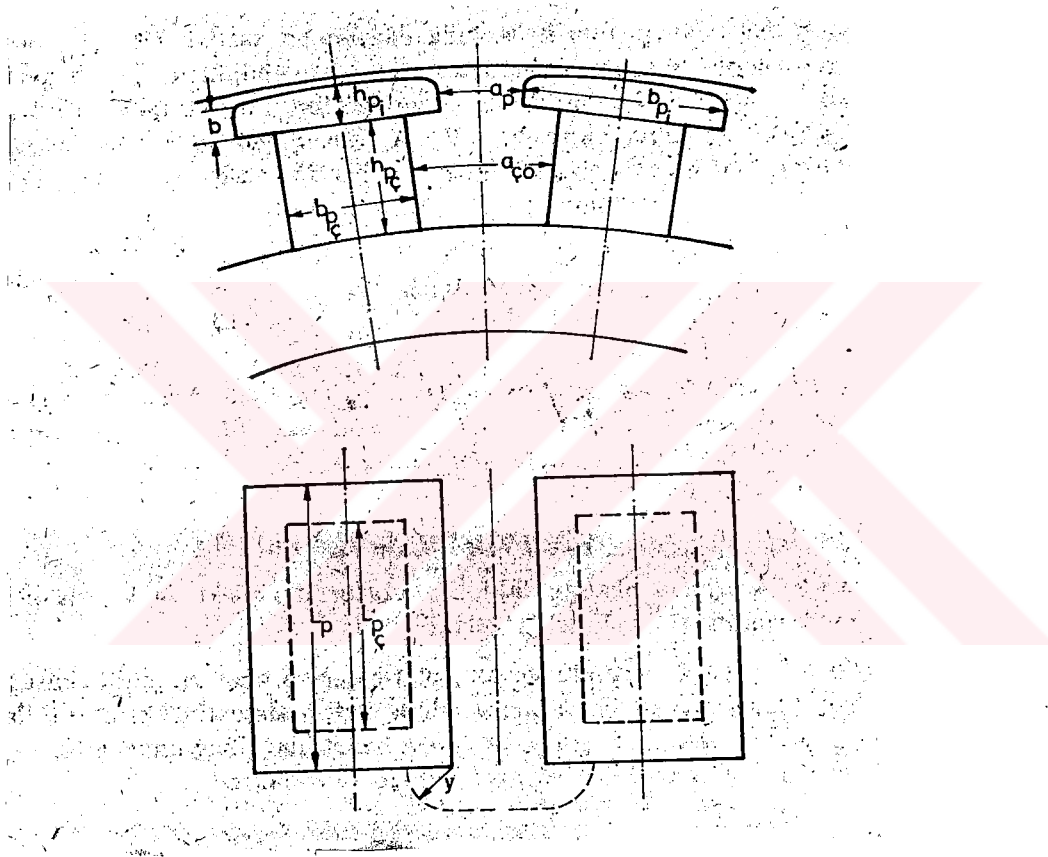
$$2V_{br}=2l_{br} * H_{br}=30.53 * 6.3=192.339$$

$$2V_{br}=192.339 \text{ A}$$

Stator boyunduruğu için

$$2V_{ba}=263.065 \text{ A}$$

Stator dişleri için	$2V_d=160.14A$
Hava aralıkları için	$2V_\delta=11140.23A$
Kutuplar için	$2V_{p\phi}=244.16A$
Kutup tekerleği boyunduruğu için	$2V_{br}=192.339A$
	$V_{top}=12000 A$



Şekil 3.4 Kutuplar



$y/\tau_p=6/7.5=0.8$  için  $k_{cu}=0.88$  ve  $k_o=0.85$  dir.

$$\lambda_{\infty} = k_{cu} * \frac{h_1}{3 * b_o} + k_o * \frac{h_2}{b_o}$$

$$\lambda_{\infty} = 0.88 * \frac{8.24}{3 * 2} + 0.85 * \frac{0.5}{2} = 1.421$$

$$\lambda_{\sigma 0} = 1.421$$

### 3.2.17 *Aktif demir uzunluğu;*

$$l_o = L_{top} - \Sigma b_k^{11} = L_{top} - z_k * b_k^{11}$$

$$l_o = 56.64 - 6 * 0.15 = 47.64$$

$$l_o = 47.64 \text{ cm}$$

( $b_k^{11}$ ;  $b_o=20\text{mm}$  ve  $b_k=11\text{mm}$  için indirgenmiş kanal genişliği  $b_k^{11}=1.5\text{mm}$  olarak elde edilir.)

### 3.2.18 *Stator oluğunun dağılma iletkenliği;*

$$A_o = (l_o/q) * \lambda_{\sigma 0} = (47.64/2.5) * 1.421 = 27.07 \text{ bilindiği gibi burada } q \text{ faz ve}$$

kutup dtesen oluksayısı olup  $q=7.5/3=2.5$  dir.

### 3.2.19 *Diş başının dağılma iletkenliği;*

$$\lambda_{db} = \frac{5 * \frac{\delta}{b_o}}{5 + 4 * \frac{\delta}{b_o}} * \frac{b_p}{\tau_p} = \frac{5 * \frac{8.43}{2}}{5 + 4 * \frac{8.43}{2}} * 0.75 = 0.236$$

$$\lambda_{db} = 0.236$$

### 3.2.20 *Diş başı iletkenliği;*

$$A_{db} = L_i * \frac{\lambda_{db}}{q} = 55.6 * \frac{0.236}{2.5} = 5.25$$

$$A_{db} = 5.25$$

### 3.2.21 *Bobin başının veya cephe bağlantısının dağılma iletkenliği;*

$$A_{bb} = 0.43 * l_{bb} * \xi_s^2$$

$l_{bb} = l_{cu} - L_{top}$  dir.  $l_{cu}$  cm olarak ortalama iletken uzunluğu (yarım sarım uzunluğu) ve  $L_{top}$  da cm olarak toplam saç paketi uzunluğudur.  $\xi_s$ ,  $y/\tau_p$  kırılenmesine tekabül eden kırılenme faktörünün birinci harmoniğidir.

$$l_{bb} = 111.64 - 56.64 = 55 \text{ cm}$$

$$l_{bb} = 55 \text{ cm}$$

$$\xi_s = \sin(\pi/2 * 6/7.5) = 0.951 \text{ ise}$$

$$A_{bb} = 0.43 * 55 * 0.951^2 = 21.4$$

Stator sargısının bir fazının toplam dağılma reaktansı toplam dağılma endüktansı ;

$$L_\sigma = 0.8 * \pi * \frac{W a^2}{p} * (A_p + A_{db} + A_{bb}) * 10^{-8} \text{ olduğuna göre,}$$

$$X = 1.6 * \pi^2 * \frac{W a^2}{p} * (A_p + A_{db} + A_{bb}) * 10^{-7} \text{ (ohm / faz)}$$

$$X = 1.6 * 3.14^2 * \frac{160^2}{8} * (27.07 + 5.25 + 2.14) * 10^{-7} = 1.356$$

$$X = 1.356 \text{ (ohm/faz)}$$

### 3.2.22 Nominal akımdaki dağılma gerilimi;

$$U_\sigma = 366.57 * 1.3615 = 497.42$$

$$\% U_\sigma = 100 * (497.42 / 3640) = 13.66 \text{ elde olunur.}$$

### 3.2.23 Nominal yükteki fazör diagramı:

$$U_a = 3640 (\%100) \text{ ile nominal akım } I_a = 366.57 \text{ A } \cos\varphi = 0.8 \text{ den } \varphi = 36.5^\circ$$

$$75^\circ \text{ C deki omik direnç } R_a = 0.08 \text{ (ohm/faz),}$$

$$U_{Ra} = 366.57 * 0.08 = 29.32 \text{ V bu da gerilimin } \%0.805 \text{ 'I kadardır.}$$

$$E_{q0} \text{ 'un genliği } X_q * I \text{ 'ya eşittir. Aynı zamanda } E_{q0} = k_q * \theta_a \text{ } b_p / \tau_p = 0.75 \text{ için}$$

$$k_q = 0.39, k_d = 0.84$$

$$\theta_a = m * \frac{2\sqrt{2}}{\pi} * \frac{W_a}{p} * \xi_a * I = 3 * \frac{2\sqrt{2}}{\pi} * \frac{160}{8} * 0.9098 * 366.57 = 18015.6$$

$$\theta_a = 18015.6 \text{ (amper-sarım/çift kutup)}$$

$$\theta_{nqo} = 0.39 * 18015.6 = 7026 \text{ (amper-sarım/çift kutup)}$$

$$E_{qo} = 6300$$

Boşta çalışma karakteristiğinden;

$$3640 \quad 0.115$$

$$E_{qo} \quad 0.062$$

ise  $E_{qo} = 1962.4V$ 'a tekabül ederki bu da Nominal gerilimin %53.9'u

kadardır.

Bu elde ettiğimiz değerlere göre fazör diagramını çizdiğimizde  $E_d$  ile  $I$

fazörleri arasındaki açı  $58.5^\circ$  olarak elde olunur.

$\sin\phi = 0.852$  ve  $\cos\phi = 0.522$  olarak bulunur.

*fazör diyagramı*

### 3.2.24 **Yükteki uyarma amper sarım ihtiyacının bulunması**

Yüklü durumda kutup dağılma akısını üreten kutup ayakları arasındaki  
mağnetik gerilim ;

$$V_p = 2*(V_\delta + V_{da} + V_{ba}) + k_d * \theta_a * \sin\varphi$$

$\phi = f(2V_\delta + 2V_{da} + 2V_{ba})$  eğrisinden boyuna yöndeki EMK  $E_d = 3858.4$  için

mağnetik gerilim 12571 Aolaraelde olunur.

$$k_d * \theta_a * \sin\varphi = 0.84 * 18015.6 = 12893.4$$

$$V_p = 12571 + 12893.4 = 25464.4$$

$$V_p = 25464.4A$$

$V_p = 25564.4A$  için grafikten  $\phi_\sigma = 0.0396$  Weber elde olunur , Boyuna

yöndeki mağnetik akı  $\phi_d$  ile dağılma akısı  $\phi_\sigma$ 'nın toplamı kutup çekirdeği

akısını verir. Şu halde  $\phi_{p\sigma} = \phi_d + \phi_\sigma = 0.11893 + 0.0396 = 0.15893$  dür.

Bu akıya grafikteki  $\phi_{p\sigma} = f(2V_{p\sigma} + 2V_{br})$  eğrisinde 785.714A düşmektedir.

$$(\%100) \theta = 2*(V_\delta + V_{da} + V_{ba}) + 2*(V_{p\sigma} + V_{br}) + k_d * \theta_a * \sin\varphi$$

$$(\%100) \theta = 12571 + 785.714 + 12893.4 = 26250.11 \text{ (amper-sarım/çiftkutup)}$$

$$\theta = 26250.11 \text{ (amper-sarım/çiftkutup)}$$

Nominal yükteki uyarma amper- sarımı'na %10'luk bir ilave ile yaklaşık

olarak generatörün işletmede karşılaşılabileceği en büyük uyarma amper-

sarımını gözetmiş oluruz. Buna göre generatörün en büyük uyarma amper

$$\text{sarım}'ı; \theta_{\max} = 1.1 * 26250.11 = 28875.12$$

$$\theta_{\max} = 28875.12 \text{ (amper-sarım/çiftkutup)}$$

### 3.2.25 **Yükteki gerilim değişimi**

Nominal yükteki uyarma amper-sarımına boşta çalışma eğrisinde

$\phi=f(\Sigma V)$   $E_o=8895$  Voltluk bir boşta çalışma gerilimi tekabül

etmektedir. Halbuki tam yükteki uç gerilimi 3640 Volt'tur. Şu halde % gerilim değişimi;

$$\Delta_e = \frac{E_o - U_n}{U_n} * 100 = \frac{8895 - 3640}{3640} * 100 = 44.36 \text{ elde olunur.}$$

### 3.2.26 Ortalama iletken uzunluğu

Uyarma sargısını 30mm enindeki bakır şeritle sarıldığını kabul edelim.

Buna göre ortalama iletken uzunluğu için  $l_{cu-m}=82.64\text{cm}$  bulunur.

$$q_{cu-m} = \frac{\rho_t * p * 2 * l_{cu-m} * 1.05 * \theta_{max}}{U_m} \Rightarrow$$

$$q_{cu-m} = \frac{0.0216 * 16 * 2 * 0.8264 * 1.05 * 28875.12}{.95 * 220} = 82.862$$

$$q_{cu-m} = 95 \text{mm}^2$$

1mm kalınlığında 95mm genişliğinde bakır şerit seçildi.

Burada  $\rho_t = \rho_o * (1 + \alpha * (t - 20)) = 0.0216$  olup  $T = 75 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye tekabül

etmektedir. Ayrıca  $U_m$  uyarma geriliminde %5'lik bir gerilim düşümü

kabul edilmiştir.

Uyarma sarımları arasına 0.2 mm kalınlığında aspest kağıdı veya

mikafolyum yerleştirilecektir. Her bir iletken için işleme payı (oynaklık)

olarak 0.05mm ve ve her bir sarımda ölü bir sarımın bulunduğu kabul

edilerek  $h_s = 160\text{mm}$  sargı yüksekliğinde her bir kutba yerleştirilecek

sarım sayısı ;

$$W_m/2 = (160/1.25) - 1 = 127 \text{ sarım/kutup}$$

$$W_m/2 = 127 \text{ sarım/kutup}$$

3.2.27 **Nominal yükteki uyarma akımı ;**

$$I_{mn}=1.05*(\theta/W_m)=1.05*(26250.12/254)=108.51$$

$$I_{mn}=108.51A$$

$$I_{mmax}=1.05*(\theta_{max}/W_m)=1.05*(28850.12/254)=119.365$$

$$I_{mmax}=119.365A$$

3.2.28 **Akım yoğunlukları;**

$$S_{mn}=I_{mn}/q_{cu-m}=108.51/1.142$$

$$S_{mn}=1.142A/mm^2$$

$$S_{max}=I_{mmax}/q_{cu-m}=119.365/95=1.256$$

$$S_{max}=1.256A/mm^2$$

3.2.29 **Uyarma sargısının toplam uzunluğu ;**

$$L_{cu-m}=p*W_m*l_{cu-m}=16*160*2*0.8264=4231m$$

$$L_{cu-m}=4231m$$

3.2.30 **Uyarma sargısının toplam ağırlığı ;**

$$G_{cu-m}=\gamma_{cu-m}*L_{cu-m}*q_{cu-m}=8.9*4231*95*10^3=3577.3kg$$

$$G_{cu-m}=3577.3kg$$

3.2.31 **75°C'deki uyarma sargısının omik direnci ;**

$$R_m=\rho_t*(L_{cu-m}/q_{cu})=0.0216*(4231/95)=0.962ohm$$

$$R_m=0.962ohm$$

**≡.≡.KAYIPLARIN HESABI**3.3.1. **Bakır kayıpları ;**

$$P_{cua}=3*I^2*R_a=3*366.57^2*0.08=32249.65Watt$$

Akım yığılmasından ötürü direnç artacağından bakır kayıpları da büyüyecektir.

$$k = 0.00467 * \left(\frac{f}{50}\right)^2 * (r * \lambda * n^2 * h_{kcu}^2 / m)^2$$

$$\lambda = L / l_{ort} / 2 \text{ ise } \lambda = 50.04 / 111.64 = 0.448$$

$$r = (b_{cu} / b_o) * (h_{kcu}^1 / h_{kcu}) \text{ ise } r = (12 / 20) * (4.6 / 4) = 0.69 \text{ cm}$$

$$k = 0.00467 * (50 / 50)^2 * (0.69 * 0.448 * 16^2 * 0.4^2 / 4)^2 = 0.04679$$

$$k = 0.04679$$

$$y / \tau_p = 6 / 7.5 \text{ için } \phi^1 = 0.89$$

$$k_s = 0.1 * \lambda * \phi^1 * (f / 50)^2 * (r * n^2 * h_{kcu}^2)^2 = 0.1 * 0.448 * 0.89 * (0.69 * 16 * 0.4^2)^2$$

$$k_s = 0.1241$$

$$\text{Toplam direnç artması; } K = 0.04679 + 0.1241 = 0.17089$$

$$P_{cu} = P_{cua} * K = 32249.65 * (1 + 0.17089) = 37760.79 \text{ Watt} \quad P_{cu} = 37760.79 \text{ Watt}$$

### 3.3.2. *Uyarma sargısının bakır kaybı ;*

$$P_{cum} = I_m^2 * R_{sm} = 108.51^2 * 0.962 = 11327 \text{ Watt}$$

### 3.3.3. *Uyarma akım davresindeki toplam kayıp ;*

$$P_{cu-uy} = I_m * U_{uy} = 108.51 * 220 = 23872.2 \text{ Watt}$$

$$P_{cu-uy} = 23872.2 \text{ Watt}$$

### 3.3.4. *İlave kayıplar ;*

$$P_{k-ek} = 3.5 * (P_{sn} / 1000) = 3.5 * (4000 / 1000) = 14 \text{ kW}$$

$$P_{k-ek} = 14 \text{ kW}$$

### 3.3.5. Demir kayıpları ;

Stator saç paketleri 0.5mm kalınlığında orta alaşımli  $p_i = 2.3 \text{ Watt/kg'lık}$  ( $j_H = 3.8$  ve  $j_W = 6.4$ ) saçlardan oluşacaktır.

### 3.3.6. *Satator boyunduruğundaki demir kayıpları ;*

Bilindiği üzere boyunduruk endüksiyonu  $B_{ba} = 1.0815 \text{ Tesla' dır.}$

Stator boyunduruğu ağırlığı ;

$$G_{ba} = \gamma_{Fe} * k_e * L * \left[ \left( \frac{D_{dis}}{2} \right)^2 - \left( \frac{D + 2 * h_o}{2} \right)^2 \right] * \pi * 10^{-3}$$

$$G_{ba} = 7.6 * 0.91 * 50.04 * \left[ \left( \frac{243.6}{2} \right)^2 - \left( \frac{202 + 2 * 9.42}{2} \right)^2 \right] * 3.14 * 10^{-3}$$

$$G_{ba} = 2877.9 \text{kg}$$

$$P_{fe-ba} = \left[ k_{Hb} * j_H * \frac{f}{100} + k_{wb} * j_w * \left( \frac{\Delta_f * f}{100} \right)^2 \right] * B_{ba}^2 * G_{ba}$$

$$P_{fe-ba} = \left[ 1.25 * 3.8 * \frac{50}{100} + 1.6 * 6.4 * \left( \frac{0.5 * 50}{100} \right)^2 \right] * 1.0815^2 * 2877.9$$

$$P_{fe-ba} = 10148.8 \text{Watt}$$

Stator saç paketleri işlenmesi esnasında işçilikten ötürü bir kayıp artması oluşacaktır. Bu normal bir işçilikte %25 olarak kabul edilebilir. Buna göre stator boyunduruğunda meydana gelen demir kaybı ;

$$P_{fe-ba} = 1.25 * 10148.8 = 12686 \text{ Watt}$$

$$P_{fe-ba} = 12686 \text{ Watt}$$

### 3.3.7 ***Dişlerdeki demir kayıpları ;***

Dişlerdeki ortalama endüksiyon  $B_{d-ort} = 1.271$  Tesla olarak bulunmuş idi.

Dişlerin toplam ağırlığı ;

$$G_{da} = \gamma_{Fe} * k_e * L * N * b_{d-ort} * h_o = 7.6 * 0.91 * 50.04 * 120 * 3.936 * 9.42 * 10^{-3}$$

$$G_{da} = 1539.7 \text{kg}$$

$$P_{Fe-diş} = 1.25 * p_1 * B_{d-ort}^2 * G_{da} = 1.25 * 2.3 * 1.271^2 * 1539.7 = 7151.35$$

$$P_{fe-diş} = 7151.35 \text{ Watt}$$

### 3.3.8. ***Kutup ayağı yüzey kayıpları***



$$P_y = k_o * \left( \frac{N * n}{10000} \right)^{1.5} * \left( \frac{B_c * \tau_c}{0.1} \right)^2 \text{ bağıntısından hesap edilir.}$$

Kutuplar 1mm kalınlığındaki saçlardan oluştuğna göre  $k_o=4.6$ 'dır. Diğer taraftan  $b_o/\delta_{ort}=2/0843=2.372$  olup Şekil-60'dan bu değere tekabül eden  $\beta=0.21$  dir.

$$B_c = \beta * k_c * B_s = 0.21 * 1.175 * 0.782 = 0.193 \quad (k_c = \text{karter faktörü})$$

$$P_y = 4.6 * \left( \frac{120 * 375}{10000} \right)^{1.5} * \left( \frac{0.193 * 5.29}{0.1} \right)^2 = 4577.22$$

$$P_y = 4577.22 \text{ Watt/m}^2$$

Toplam kutup ayağı yüzey kayıplarını bulabilmek için  $P_y$ 'yi toplam kutup ayağı yüzeyi ile çarpmamız gerekir. Toplam kutup ayağı yüzeyi ;

$$\theta_p = 2p * b_{ps} * L_p = 16 * 0.3 * 0.5664 = 2.718 \text{m}^2$$

$$P_{ky} = P_y * \theta_p = 4577.22 * 2.718 = 1244.179 \text{ Watt}$$

$$P_{ky} = 1244.179 \text{ Watt}$$

### 3.3.9. Sürtünme kayıpları ;

Şekil-69'dan  $p=16$  ve 4000kVA gücündeki çıkı kutuplu senkron makina için hava ve yatak sürtünme kayıplarının nominal gücün %0.5'i civarında olduğu görülür.

$$P_{k-sür} = P_{sn} * 0.005 = 4000 * 0.005 = 20 \text{kW}$$

$$P_{k-sür} = 20 \text{kW}$$

Kayıpları ayrı ayrı yazıp toplayacak olursak ;

<b><i>Stator sargısındaki bakır kayıpları</i></b>	<b><i>37760.79 Watt</i></b>
<b><i>Uyarma kayıpları</i></b>	<b><i>23872.2 Watt</i></b>
<b><i>Konstrüksiyon parçalarında meydana gelen kayıplar</i></b>	<b><i>14000 Watt</i></b>
<b><i>Stator boyunduruğu demir kayıpları</i></b>	<b><i>12686 Watt</i></b>
<b><i>Dışlerdeki demir kayıpları</i></b>	<b><i>7151.35 Watt</i></b>
<b><i>Kutup ayağı yüzey kayıpları</i></b>	<b><i>12444.179 Watt</i></b>

**Hava ve yatak sürtünme kayıpları**

**20000 Watt**

3.4. **TOPLAM KAYIPLAR**

**127914.5 Watt**

**Cosφ=0.8 ve nominal güçteki verim ;**

$$\eta = \frac{P_m * 0.8}{P_m * 0.8 + 127.9145} = \frac{4000 * 0.8}{4000 * 0.8 + 127.9145} = 0.9615$$

**η=%96.15**

**η=%96.15**



## 4.ELEKTRONİK REGÜLATÖR MODÜLÜNÜN İNCELENMESİ

### 4.1. Ana Güç Besleme Devresi

Alternatör ikaz voltajını sağlayan gerekli DC voltajı veren devredir. Yapı itibariyle tek tristörlü yarım dalga DC gerilim kaynağı şeklindedir. Kullanılan tristör D13 , MCR72 - 10 TGN 812 , T1 C126N tipi olup , katalog bilgisi olarak ,  $V_{GTmax} = 1.5 \text{ V}$  ve  $I_{GTmax} = 15 \text{ mA}$  dir. Tristörden AC gerilimin (-) alternansı gönderilmekte ve uyarım bobini ucuna iletilmektedir. bobinin diğer ucuna ise Mp (nötr ) bağlanmıştır. + uç ve Mp birleştirilir. Böylece bobinin faz gerilimindeki dalgalanmalardan etkilenmesinin en aza indirilmesi amaçlanmıştır. AC gerilimin + alternansında C3 kondansatörü ; R25 , D12 ve L1 üzerinden dolarak tristörün tam kesimde kalmasını garantilemiştir. - alternansta ise akım tristör üzerinden uyarım sargısı uçlarına ulaşır , sargı üzerinden nötre iletilir. 30  $\mu\text{H}$  lik ferrit nüveye sarılı self bobin , akımındaki dalgalanmayı minimuma indirir. D12 diyodu BY229-800 serisi olup , kesim anında , hem uyarım sargısında biriken enerjinin , hem de L1 üzerinde depolanan enerjinin boşaltılması görevini de üstlenir.

Güç devresi ile ilgili diğer önemli bir husus ; alternatörün ilk çalıştırılmasında R-S-T fazları istenen voltaj eğrine ulaşmadığından (400 V) tristörün bu süre zarfında T fazından bir röle yardımıyla tetiklenmesidir. Alternatör sargılarındaki artık mıknatısiyetin etkisiyle makine devir aldıkça remerans gerilimi denen küçük bir AC gerilim oluşur. Tristörün kontrolü bu AC gerilim ile yapıldığından 400 V'a ulaşılıncaya kadar , tristörün tetiklenmesi T fazından R26 , D5 ve rölenin kapalı kontağı üzerinden yapılarak , 400 V'a ulaşılması sağlanır. Bu aşamadan sonra röle devreden çıkar ve gate tetiklemesi kontrollü olarak yapılmaya başlanır.

### 4.2. Besleme Kaynaklarının Oluşturulması

Kuvvetlendirici transistörlerin ve opampların beslemesi için gerekli DC sabit gerilimlerin elde edilmesi gerekir. Bu amaçla T fazından D3 ile alınan DC gerilim istenen DC regüleli voltajlara akım edilmiştir. Bu yola bağlı olan röle bobini yukarıda bahsedilen ani tetiklemeyi sağlayan

rolenin bobini olup , 48 volt ile çalışır. Bu amaçla V1 kaynağı oluşturulmuştur. Diğer besleme kaynakları ise zener diyotlarla regüle edilen  $V2 = 12\text{ V}$  ,  $V3 = 6\text{ V}$  ve  $V4 = 3.2\text{ V}$  gerilimleridir. Bu yola bağlı olan role, sürme kaynağından sinyal gelmeye başladığından itibaren çalışmaya başlar ve kapalı kontağını açarak , trstörün T fazından direkt tetiklenmesi olayını sona erdirir.

### 4.3. Sürme Kaynağı ve Transistörün Tetiklenmesi

Tristör , LM4 (LM393) ten gönderilen kare dalga sinyalin genişine bağlı olarak tetiklenir. Bu kare dalgayı 1-0 (on - off ) formunda düşünebiliriz. PUT 'un kapısına 1 sinyali gönderildiğinde anot ve katot gerilimleri eşit olacağından ilettime geçmez. Dolayısıyla Q2 de ilettime geçmeyeceğinden tridtrör ilettime geçmeyecektir. PUT 'a 0 sinyali geldiğinde , C6 da biriken gerilimin sayesinde ilettime geçer ve Q2 'yi ilettime geçirir. R31 üzerinde oluşan gerilim ile tristör tetiklenerek ilettime girer , ta ki - alternans bitene kadar. Sinisün sıfır anında tristör kendiliğinden off olacaktır. Burada PUT 'un üstlendiği görev ; tristörüe ilettime geçmesi için gate darbeleri göndermesidir. Eğer PUT kullanılmasa idi transistör Q2 sürekli iletimde kalacak , yani tristöre iletim boyunca fuzuli tetikleme darbeleri gönderilecekti. Bunun sonucu olarak hem tristörde hem de R28 , role ve R29 ile Q2 de gereksiz ısınmaya sebep olacaktır.

Tristörün ilettime girme süresi , PUT 'un ilettime geçiş süresi ile ilgili olup , bu da LM4 ten gönderilen kare dalganın genliğine bağlıdır. Bu genliğin ayarı ise alternatör uçlarındaki fazlar arası gerilimlerin değişimine göre ayarlanmaktadır.

Kare dalganın genliği ne olursa olsun tristör tetikleme darbeleri , gecikme süresi sonunda üretilir. Gecikme süresi ayarı ise bir komparatör yardımı ile trapez dalganın genlik ayarı ile yapılır ki bu da alternatörde meydana gelebilecek gerilim dalgalanmasına bağlıdır.

### 4.4. Trapez Dalganın Oluşumu ve Gerilim Kontrolü

Gecikme açısı ayarının , LM4 ' e bağlı trapez dalganın genliği ile yapıldığından bahsedilmiştir.

Alternatör yükü arttıkça sargılardaki R ve XL nin etkisiyle gerilim düşümü meydana gelir. Bu gerilim düşümünün oranı alternatörde kullanılan malzemenin kullanılan malzemenin kalitesi ile orantılı olup , aşırıyükleme ile kendini daha fazla gösterir. Standartlara göre alternatörlerde gerilim dalgalanma sınırı  $-5\%$  ve  $+5\%$  aralığıdır. Yani fazlar arası gerilimin 400 V olması gereken bir alternatörde 20 V' tan fazla gerilim düşümü istenmez. Yükleme ile gerilimin düşümünü önlemek için ; gerilim formülü gereğince uyarım geriliminin artırılması gerekir. Bu amaçla yardımcı alternatör uyarım statoru sargı gerilimi gerektiği kadar artırılır. Aynı şekilde yük azaldığında da bu gerilimin tekrar gerektiği kadar azaltılması gerekir. Bu işlemlerin tümünü otomatik olarak gerilim regülatörü yapmaktadır.

Otomatik voltaj regülatörü (AVR) ,gerilim kontrolü için gerekli bilgiyi R ve S fazlarından alır. Bu amaçla LM1 yararlanır. R ve S fazları R3 ve R4 üzerinden toplanarak LM324 ile gönderilerek D10 ucundan tam dalga DC gerilim elde edilir. Burada kullanılan R21 potansiyometresi gerilim stabilize ayarını yapar.Boşta çalışmada alternatör gerilimi bu potansiyometre ile 400 V'a ayarlanır. Bu ayardan sonra regülasyon işlemi sağlıklı olarak sürdürülür.

D10 dan alınan tam dalga DC gerilim , Q4 üzerinden V2 ile kuvvetlendirilerek , Q3 bazına iletilir. LM6 ve Q3 , baz akımını trapez dalgaya dönüştürür. Bu dalga V3 ile kuvvetlendirilerek , LM4 'e kontrol için iletilir.R-S fazları arası gerilimin artış ve azalmasına paralel olarak trapez dalganın genliği (açısı) da değişecektir. Bu değişimle birlikte LM4 çıkışı tristör için gerekli gecikme açısını sağlayan kare dalgayı üretecektir. Trapez dalgayı oluşturan tam dalga DC nin frekansı 50 HZ olduğundan , trapez dalga frekansı da 50 HZ olacaktır.

#### **4.5. Frekans Kontrolü ve Trapez Dalgaya Etkisi**

Alternatörde frekansın düşmesi demek ; devrin nominalinaltına inmesi demektir. Bunun sebebi yüklemenin artmasıyla rotora uygulanan elektromotor kuvvetin etkisiyle hızın düşmesidir. Frekans düşümü , gerilim formülü gereğince gerilimi düşürecek.Dolayısıyla regülasyon yapılırken devrin yani frekansın da kontrolü yapılmalıdır.

Frekans bilgi girişi LM5 ile yapılır. Buradan alınan bilgi LM2 ye giriş olarak iletilir. LM5 (LM324) devresine verilen frekans bilgisi gerilime çevrilerek , LM3 ile LM1 de olduğu gibi tam dalga DC gerilime dönüştürülür. Bu gerilim yine Q3 bazına verilerek frekansa bağlı olarak trapez dalganın genlik ayarına katkıda bulunur. Dolayısıyla tetikleme açısı ayarı hem frekansın hem de fazlar arası gerilimin değişimine bağlı olarak yapılır.

Gerilim regülasyonunun sağlıklı yapılabilmesi ve regülatörün görevini tam olarak yapabilmesi büyük oranda da alternatörüm akuple edildiği makinaya bağlıdır. Yük arttıkça hem alternatörüm hem de tahrik sisteminin devrinin düşeceği aşıkardır. Bu da gerilimi düşüreceltir. Alternatörde gerilim regülasyonu gerilim regülatörü ile yapıldığı gibi , tahrik sistemlerinde de devir regülasyonu yapılmalıdır. Örneğin dizel motorlarda devir regülasyonu ; yakıt pompasına kumanda eden elektronik fuel kontrol (EFC) ile yapılır.

#### **4.6. Elektronik Yakıt Kontrol Governörü**

Bu kontrol sistemi üç ana parçadan oluşur :

- Magnetik pick- up:

Magnetik pick-up bir sensör olup , dizelin dolayısıyla alternatörün devrini okur. Motor volan dişlilerinin tam karşısına tutturularak , dönüş esnasında önünden geçen dişlilerin geçiş hızına göre değişen frekansa sahip sinüs dalga şeklinde bir gerilim oluşur. Alınan bu gerilim governör kontrol kartına iletilir.

- Governör Kontrol :

Bu devre gerilim kontrolündeki frekans kontrol devresinin bir benzeri kullanılarak frekansın gerilime dönüştürülmesi sağlanır. Elde edilen bu gerilimin yardımı ile sürülen tristörün yardımı ile alınan 0-12 V arası ayarlanabilen gerilim pompa selenoidine gönderilir.

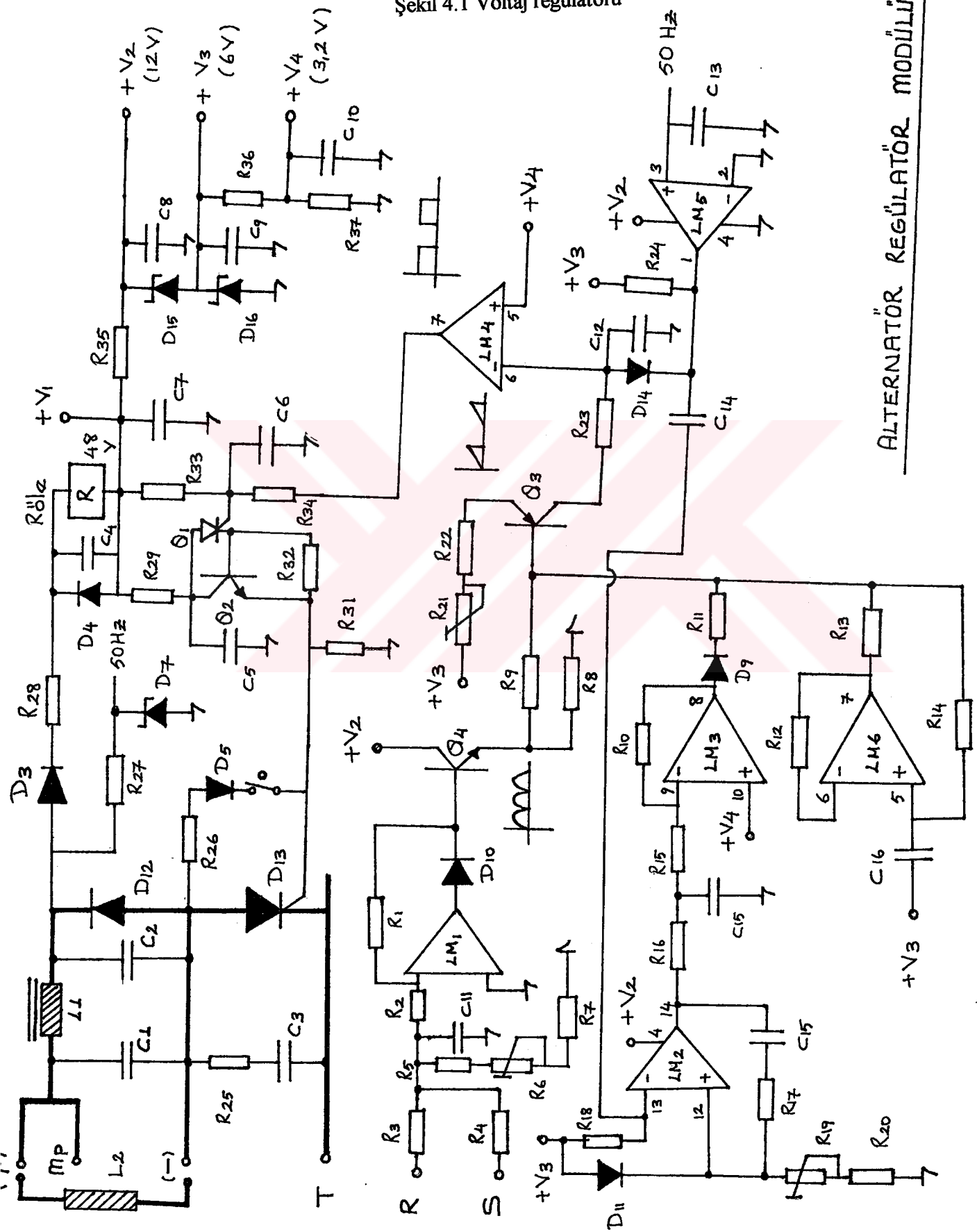
- EFC Actuator :

Governörden devire bağı gönderilen DC gerilm , pompada bulunan bobinin gönderilen gerilimin büyüklüğüne bağı olarak mili gerektiğı kadar döndürmesi ile mazot enjekte miktarının ayarlanması sağlanır . Devir düştükçe gaz yolu açılıp devir artırılır , yük azaldıkça gaz yolu kapatılıp devir düşürülerek , sabit bir devir ve frekansta çalışılması sağlanmış olur.

Ahenk içinde çalışan EFC ve AVR tam ve sağlıklı bir gerilim regülasyonu sağlamış olurlar. Bazı motorlarda EFC yerine mekanik pompalar kullanılır ki , bu makinalarda AVR nin yükü artmaktadır. EFC nin prensip şeması şekilde gösterilmiştir.

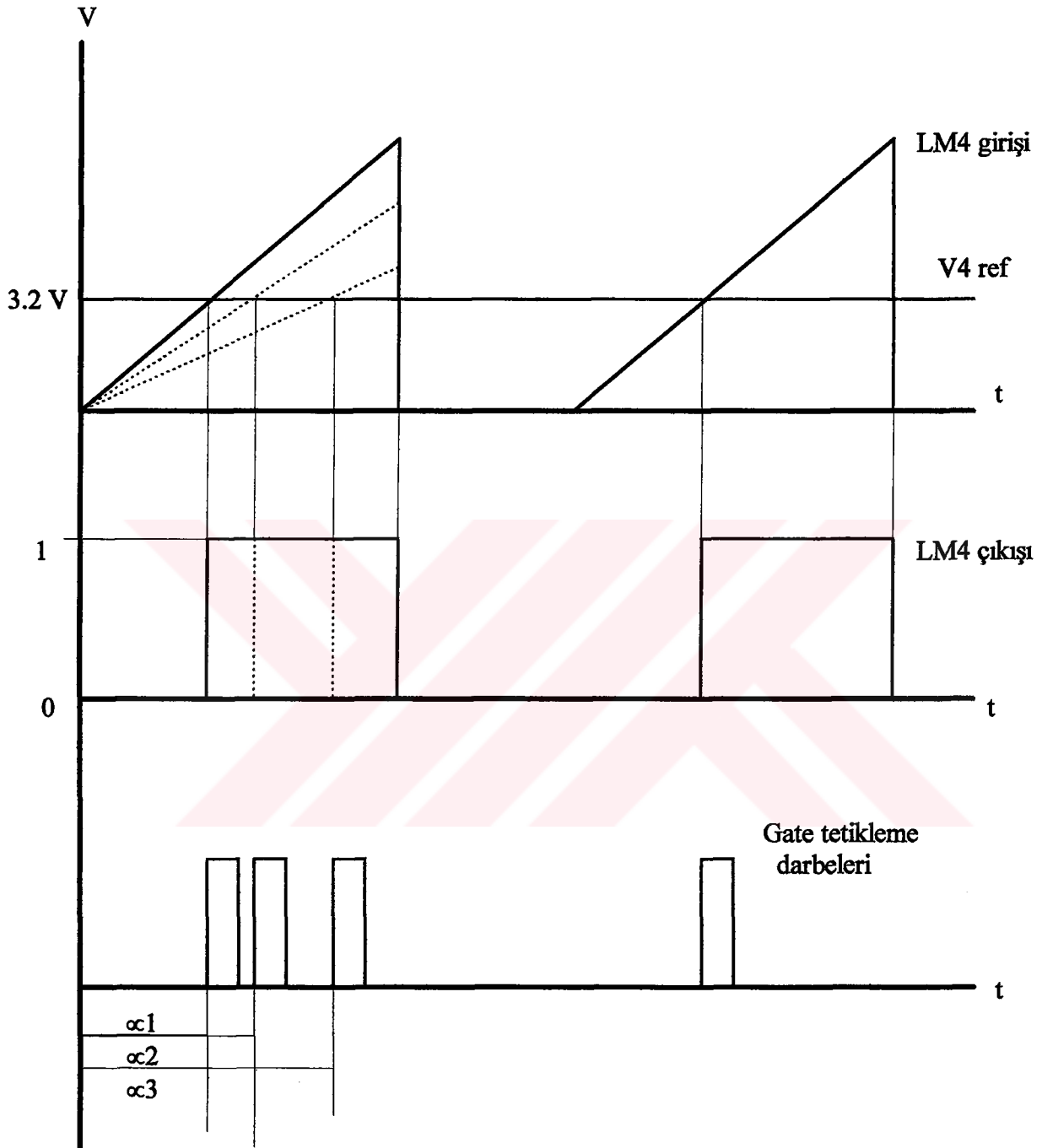


Şekil 4.1 Voltaj regülatörü



ALTERNATOR REGÜLATÖR MODÜLÜ





Şekil 4.2 .

Regülatör Dalga Şekilleri

## MALZEME LİSTESİ

R1 : 47k R10 : 680k R17 : 10k R24 : 100k R31 : 75  
R2 : 47k R11 : 10k R18 : 10k R25 : 82(.5W) R32 : 100k  
R3 : 220k(1W) R12 : 47k R19 : 50k R26 : 100 R33 : 100k  
R4 : 220k(1W) R13 : 1k R20 : 27k R27 : 1M R34 : 220k  
R5 : 1k8(.5W) R14 : 100k R21 : 5k R28 : 5k67 R35 : 1k2(.5W)  
R6 : 5k R15 : 220k R22 : 1k R29 : 2k2 R36 : 10k  
R7 : 560 R16 : 100k R23 : 1k R30 : 15 R37 : 12k  
R8 : 2k2  
R9 : 22k

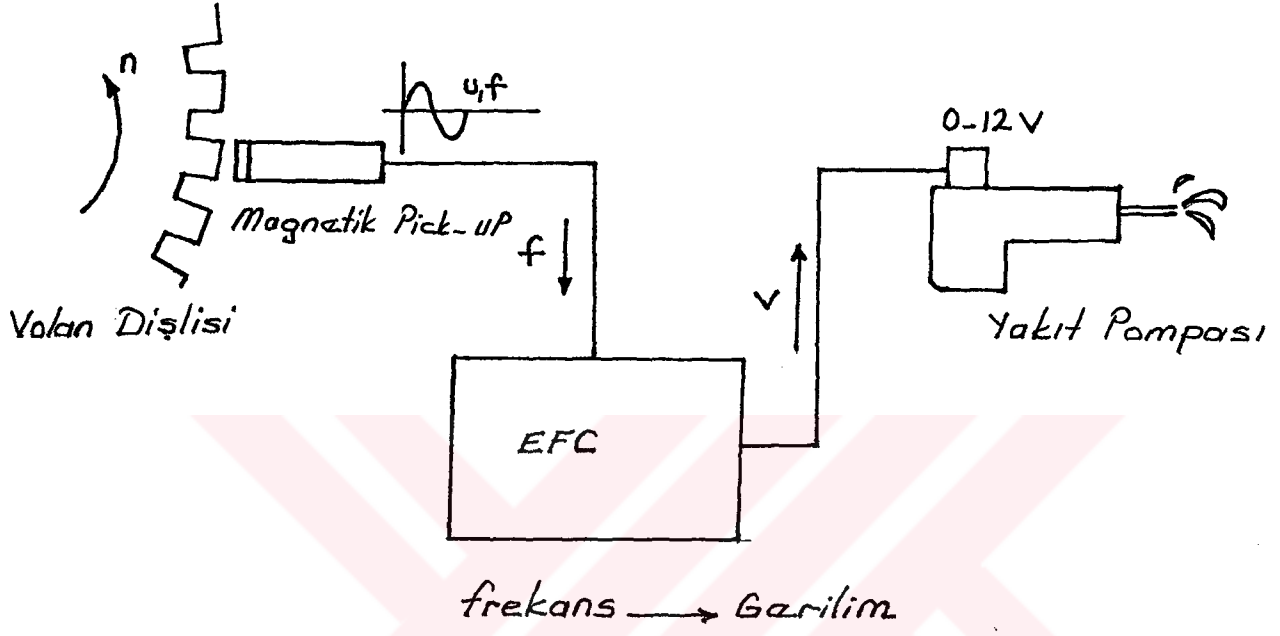
C1 : 6n8 (1000V) C6 : 15n C11 : 22n C16 : 2 $\mu$ 2  
C2 : 0.1 $\mu$  (300V) C7 : 100 $\mu$  (63V) C12 : 100n C17 : 0.1 $\mu$   
C3 : 6n8 (1000V) C8 : 10 $\mu$  ( 16V) C13 : 680p  
C4 : 4 $\mu$ 7(63V) C9 : 10 $\mu$  C14 : 10n  
C5 : 0.22 $\mu$  C10 : 0.1 $\mu$  C15 : 1 $\mu$ (10V)

D3 : 1N4007 D7 : 4V7 D11 : 1N4007 D14 : 1N4007  
D4 : 1N4001 D9 : 1N4007 D12 : BY229-800 D15=D16= 6V2  
D5 : 1N4007 D10: 1N4007 D13 : MCR 72-10  
T1C126N(VGT max=1.5V,IGT max=15mA)

Q1 : 2N6027 Q3 : BC327-25  
Q2 : BC337 Q4 : BC337-25

LM1 : LM324 LM3 : LM324 LM5 : LM393  
LM2 : LM324 LM4 : LM393 LM6 : LM324

L1 : 30 $\mu$ H(0.9 mm tel)  
L2 : ikaz sargısı



Şekil 4.3 E.F.C. blok şeması

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan karşılaştırmalardan görülmüştür ki, fırçasız tip, duran endüvili, kendinden denetimli, elektronik regülatörlü alternatörler, ideale uzanan teknoloji yolunun ulaşılan son merhalesidir.

Yararlandığım tüm kaynaklarda hesap için gerekli bazı bilgiler tablolardan veya grafiklerden seçmek sureti ile ya da tahmini seçmek sureti ile alınmakta idi. Bu güçlükleri ortadan kaldırmak amacı ile mühendislik matematiğinin Minimaks Yaklaşımlar Yöntemi kullanılarak, tablolar, grafikler ve istatistiki bilgiler formülize edildi. Böylece hem hesaplamalarda hem de bilgisayar programında kolaylık sağlanmış oldu.

Minimaks Yaklaşımlar Yönteminin verdiği fonksiyonların hassasiyeti istatistiki verilerin çokluğu ile doğru orantılıdır. Bu nedenle verilen istatistiki bilgilerden uzaklaşıldıkça formülüm sonucunu doğruluğundan uzaklaşılır. Daha geniş bir yelpazede hesap yapabilmek için; hesaplarını yaptığımız güç civarındaki güçler için istatistiki bilgiler toplanmalıdır.



**KAYNAKLAR**

Berkol, A.N., - Kuhlmann, JH., (1974) , Elektrik Makinalarının Hesabı , İ.D.M.M.A.

Bodurođlu, T., (1986), Elektrik Makinalarının Hesap ve Konstrüksiyonu, İ.T.Ü.

EMSA A.Ş., (1995), Alternatör Manuel Kitabı , İstanbul.

GENSAN A.Ş., ( 1992), Alternatör kullanım Kitabı, Balıkesir.

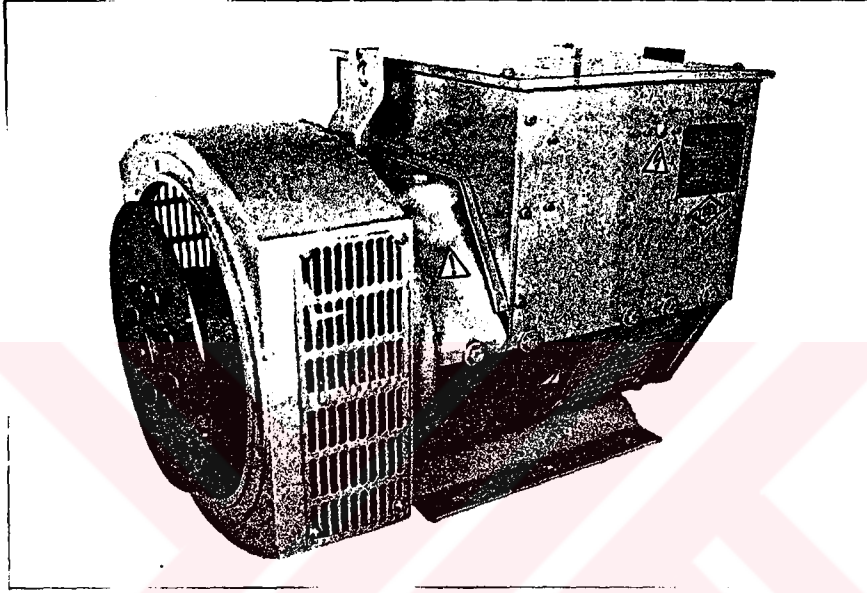
Gülgün, R., (1983), Güç Elektronigine Giriş, Beta Yayınevi

İŞBİR A.Ş., (1998), Alternatör Tanıtım Katalogları, Bursa.

Peşint, A., (1988), Elektrik Makinaları 4, M.E.B. Yayınları.

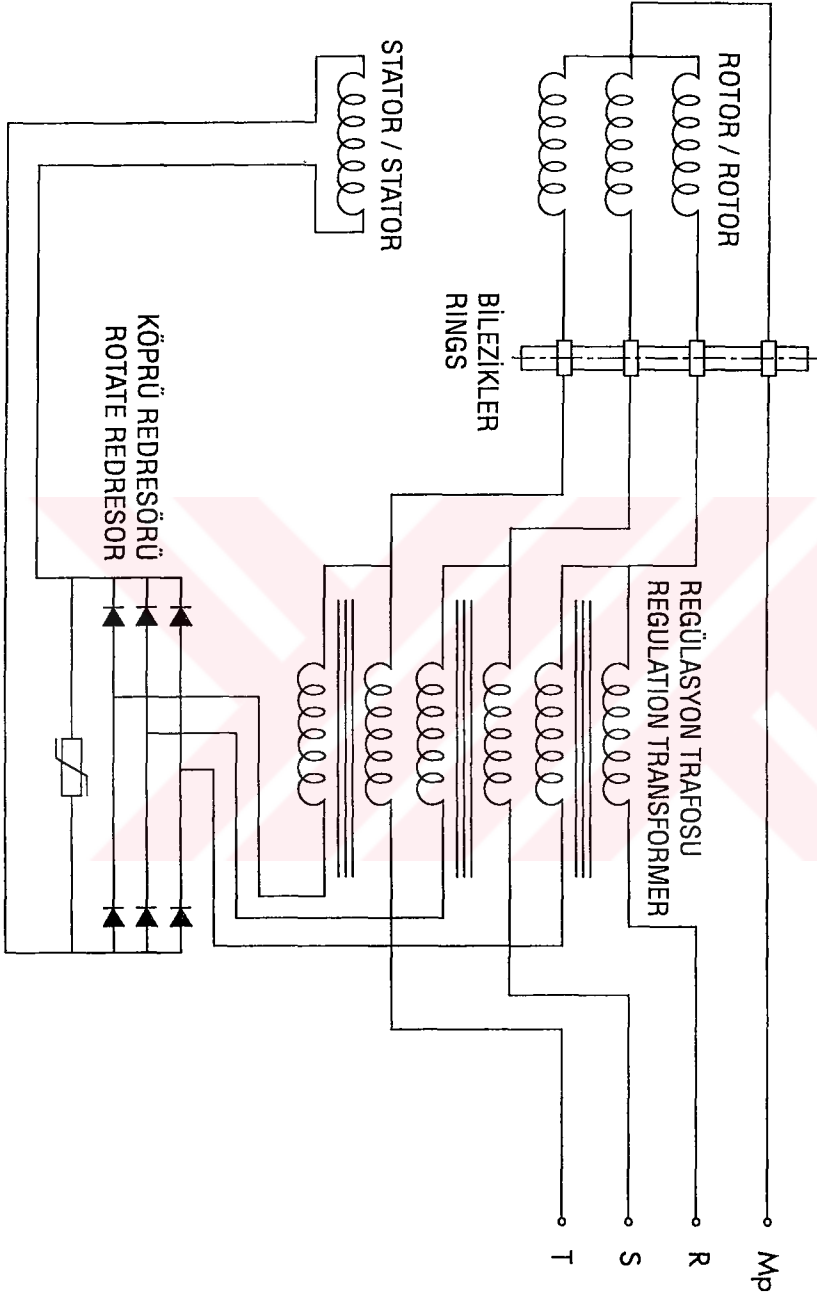
Saçkan, A.H., (1992), Senkron Makinalar, İstanbul.



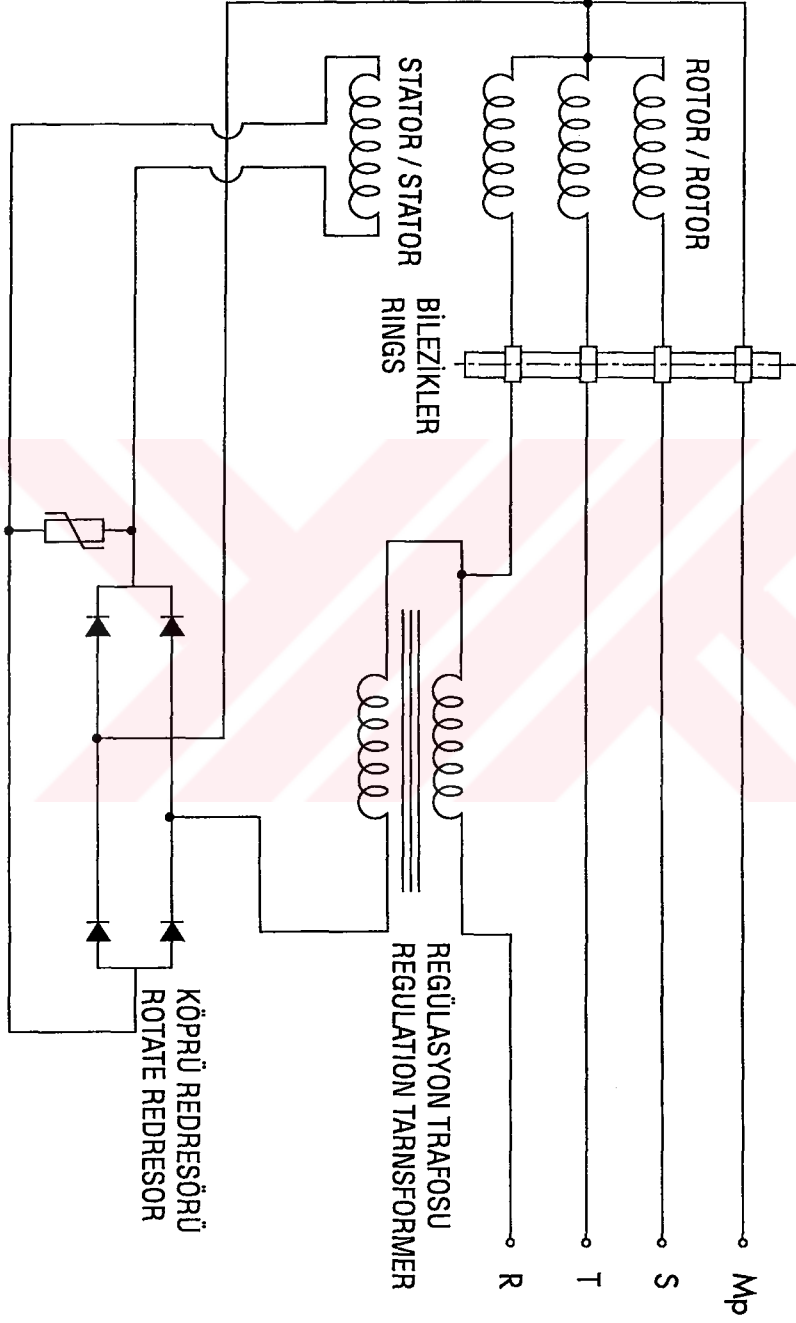


***FIRÇASIZ TİP ALTERNATÖR***

## EK-2 Regülasyon şeması 1

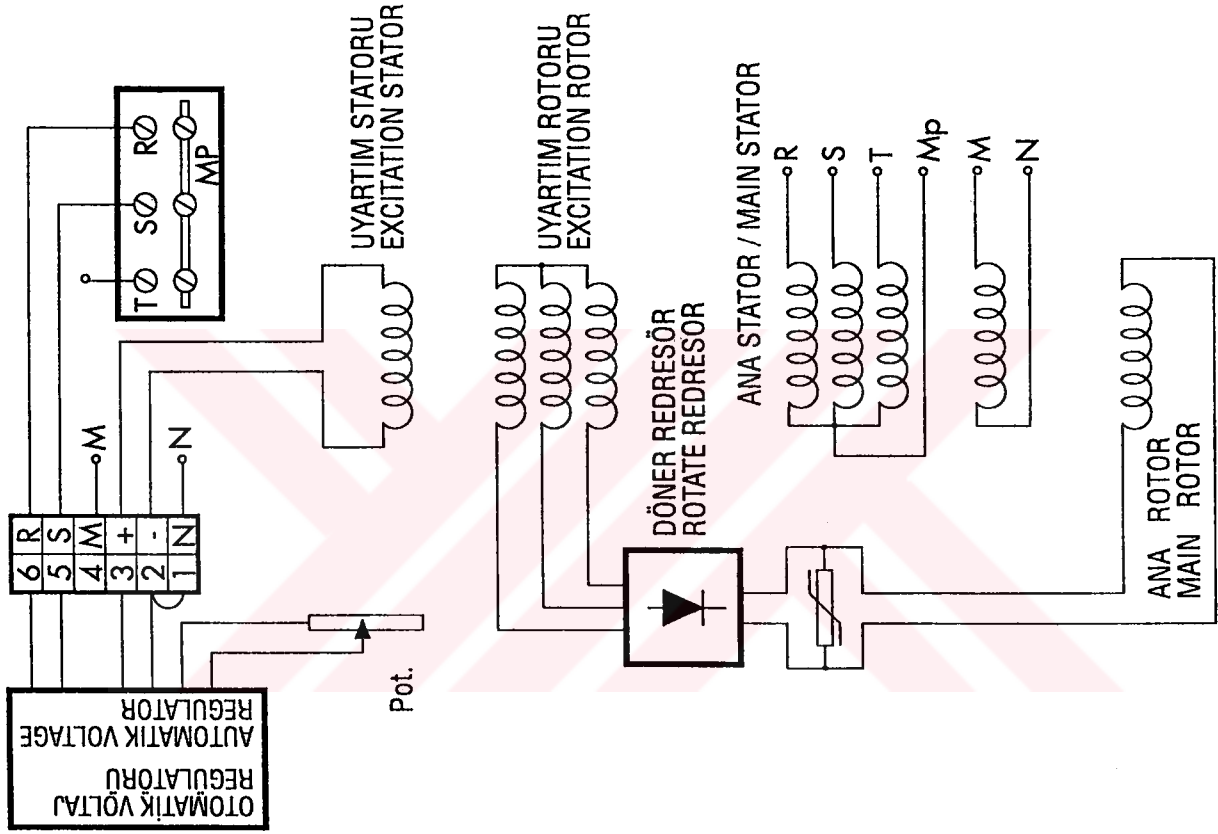


## EK-3 Regülasyon şeması 2



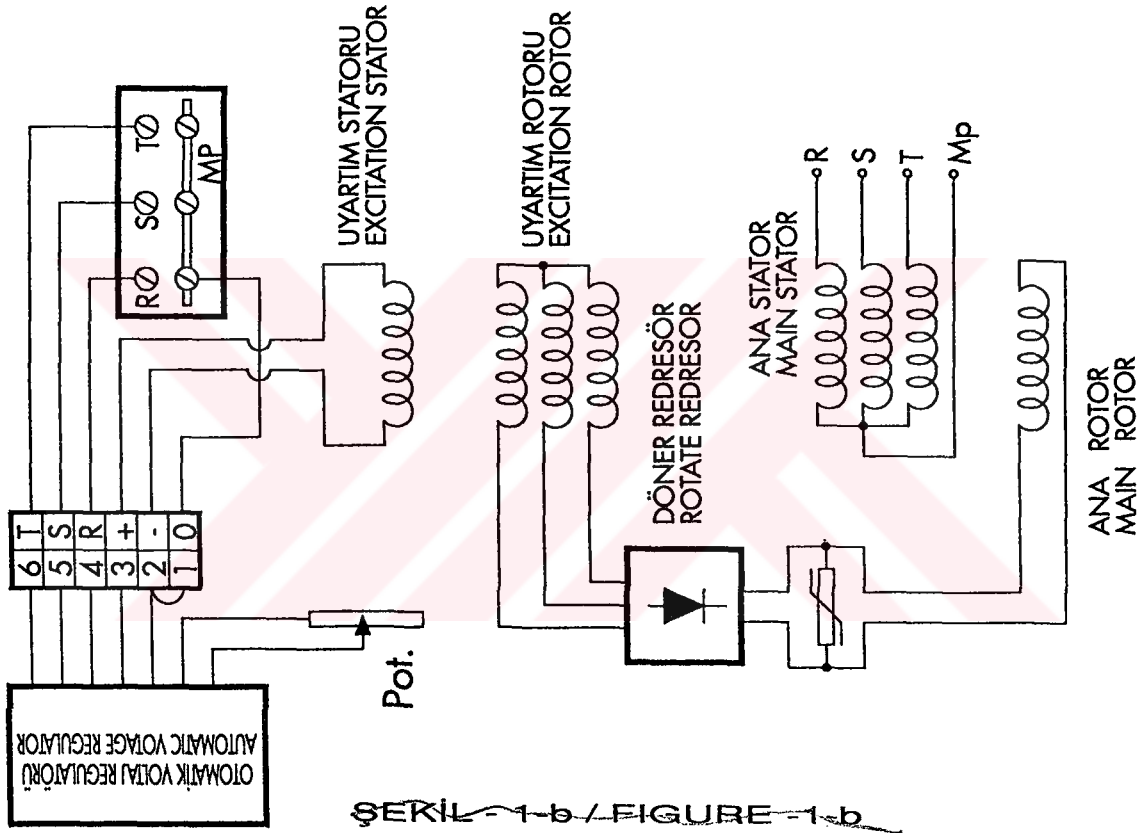


İKAZ SARGILI ALTERNATÖR KLEMENS BAĞLANTILARI  
ALTERNATORS WITH WARNING WINDING TERMINAL CONNECTIONS

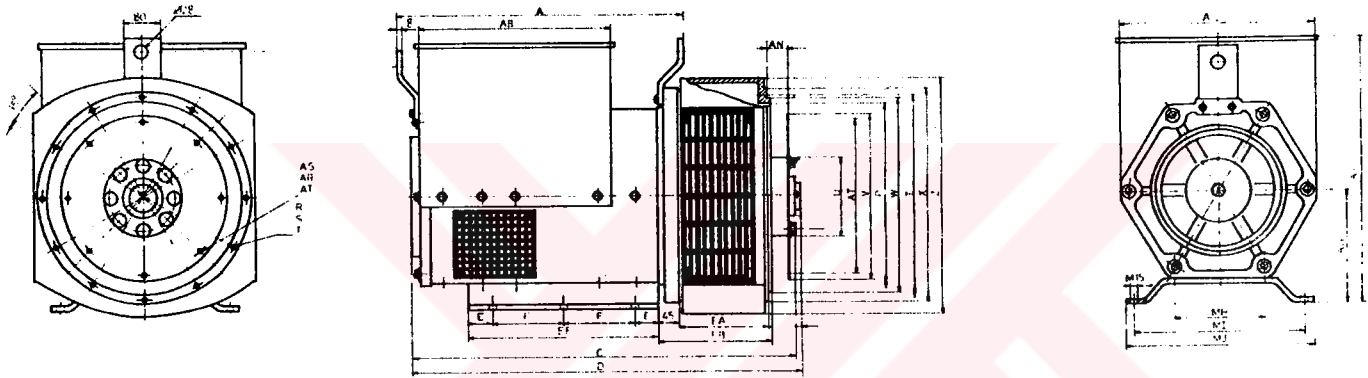


## EK-5 Regülasyon şeması 4

İKAZ SARGISIZ ALTERNATÖR KLEMENS BAĞLANTILARI  
ALTERNATORS WITHOUT WARNING WINDING  
TERMINAL CONNECTIONS



## EK-6 Fırçasız tip alternatör ölçüleri 1

ALTERNATÖR GÖVDE ÖLÇÜLERİ  
DIMANSIONS OF ALTERNATOR

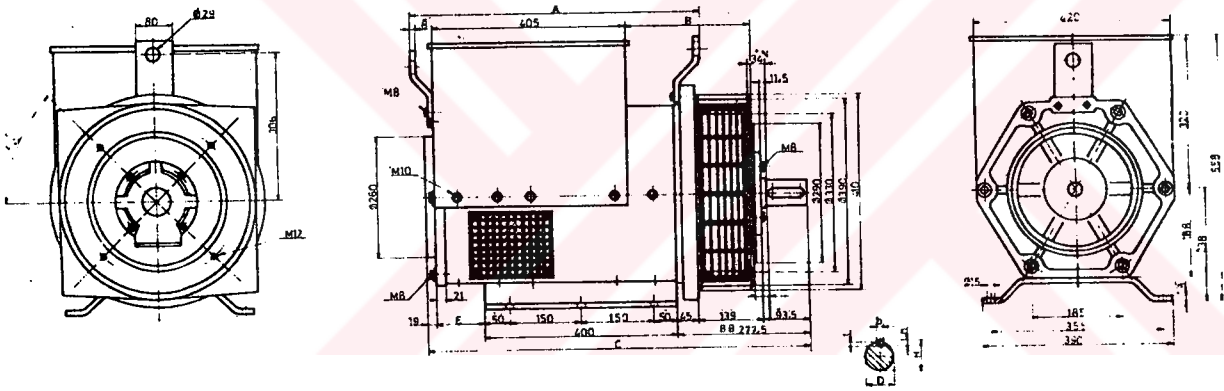
## EK-7 Ölçü tablosu 1

TİP TYPE	GÖVDE BOYUTLARI / BODY DIMANSIONS															
	A	AB	AC	AF	AG	E	F	EF	D	FA	FB	MH	MI	MJ	P	Z
25-36 kVA	430	320	425	533	228	50	200	300	710	180	225	185	355	397	390	500
40-50 kVA	560	430	410	533	228	50	150	400	810	180	225	185	355	397	390	500
66-82 kVA	690	430	410	533	228	50	150	400	940	180	225	185	355	397	390	500
104-114 kVA	520	420	520	680	271	50	167	434	784	175	225	235	417	483	458	580
150 kVA	620	420	520	680	271	50	167	434	884	175	225	235	417	483	458	580
183-275 kVA	720	420	520	680	271	50	167	434	984	175	225	235	417	483	458	580

FLANŞ ADAPTÖR BOYUTLARI					
S.A.E. No:	R	S	T	W	X
1	12	12.7	530.2	511.1	553
2	12	11	466.7	447.6	490
3	12	11	428.6	409.5	451

DİSK KAPLIN BOYUTLARI						
S.A.E. No:	AN	AR	AS	AT	U	V
10	53.98	8	10.3	295.3	170	314.2
11.5	39.68	8	10.3	333.3	170	352.3
14	25.40	8	13.5	438.2	170	466.7

## EK-8 Fırçasız tip alternatör ölçüleri 2

ALTERNATÖR GÖVDE ÖLÇÜLERİ  
DIMANSIONS OF ALTERNATOR

ŞEKİL - 3 / FIGURE - 3

## EK-9 Ölçü tablosu 2

TİP TYPE	GÖVDE BOYUTLARI / BODY DIMANSIONS																				
	A	AB	AC	AF	AG	C	D	H	h	b	t	E	F	EF	FA	FB	MH	MI	MJ	MU	AK
25-36 kVA	430	320	425	533	228	710	58	62	12	12	7	50	200	300	138	62	185	355	397	M12	-
40-50 kVA	540	430	410	533	228	810	58	62	12	12	7	50	150	400	138	62	185	355	397	M12	-
66-82 kVA	670	430	410	533	228	940	58	62	12	12	7	50	150	400	138	62	185	355	397	M12	-
104-114 kVA	520	420	520	680	271	810	70	77	18	20	10	50	167	434	115	140	235	417	483	M10	10
150 kVA	620	420	520	680	271	940	70	77	18	20	10	50	167	434	115	140	235	417	483	M10	10
183-275 kVA	720	420	520	680	271	1040	70	77	18	20	10	50	167	434	115	140	235	417	483	M10	10

TİP TYPE	V	U	X	Z
25-36 kVA	290	330	411	411
40-50 kVA	290	330	411	411
66-82 kVA	290	330	411	411

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	01 4.1972	
Doğum yeri	Sivas	
Lise	1986-1989	Sivas Endüstri Meslek Lisesi Elektrik Bölümü
Lisans	1990-1994	Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1995- Devam	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Müh.Anabilim Dalı Elektrik Müh. Programı
Çalıştığı Kurumlar	1994-1996 1996- Devam	EMSA Elektromotor Alternatör San Tic A.Ş ELEKTROJEN JENERATÖR San ve Tic Ltd. Şti.

Yıldız Teknik Üniversitesi  
Elektrik Elektronik Fakültesi  
Elektrik Mühendisliği Bölümü  
Doç. Dr. Mustafa Kemal ÖZDEMİR  
E-posta: ozdemir@yildizteknik.edu.tr