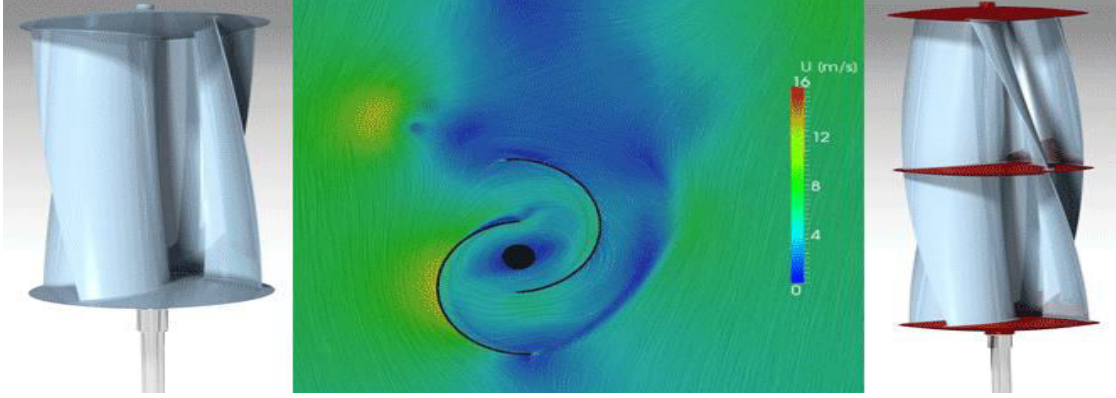


MDX RÜZGAR TÜRBİNİ

Türkiyemizin aydınlık geleceği
için rüzgar gücü



MDX RÜZGAR TÜRBİNİ

Türkiyemizin aydınlık geleceği için rüzgar gücü!

Enerji maliyetlerinizi sıfıra indirmek ve üzerine kazanç sağlamak için kendi enerjinizi kendiniz üretin!
Bir ömür boyu!

Yeni MDX rüzgar türbini ile, dünya da trend haline gelmiş bir konu üzerinde, dünyaca büyük firmaların monoton politikalarını beklemeden enerji dönüşümünü kendi kontrolünüze alın! Hem maddi avantajlarınız hem de yaşadığınız dünyanın iyiliği ve hatta ülkeniz ekonomisi için bir adım atın, siz de çok düşük maliyetler ile çevre dostu yenilenebilir rüzgar enerjisi kullanın.

Sadece 2,8 m / sn (10 kmh) bir rüzgar hızı ile elektrik enerjisi üretmek ve para tasarrufu sağlamak bu teknoloji ile mümkün hale geliyor. Projenin uygulanacağı yerin fiziksel özelliklerine bağlı olarak yatırım maliyeti 12 ay – 24 aylık süre içerisinde de kendini amorti edebiliyor. Bu durum MDX rüzgar türbini projesini en karlı enerji yatırımlarından biri haline getiriyor.

Bu teknoloji otel, kamu binaları, hastaneler, sahil alanları, yüksek binalar, camiler üzerinde uygulanabildiği gibi, tarım alanları gibi şebekenin ulaşamadığı yerler ve meskenler içinde rasyonel çözüm getirerek hayatın her alanında işteğal eden kimselere artı bir katma değer sağlıyor.

Tüm bileşenlerinin uzun ömürlü olmasına ve yüksek kalitesine özellikle önem gösteriyoruz. Kişisel enerji tüketiminize adaptasyon, ihtiyaçlarınız doğrultusunda tarafımızca özenle uyarlanacak, kendi kendine üretim, sıcak su deponuza doğrudan bağlantı, genel şebekeyi besleme, batarya - akü depolama veya tamamlayıcı herhangi bir kombinasyon için en uygun çözümü sunuyoruz!



Havacılık teknolojisinden esinlendik!

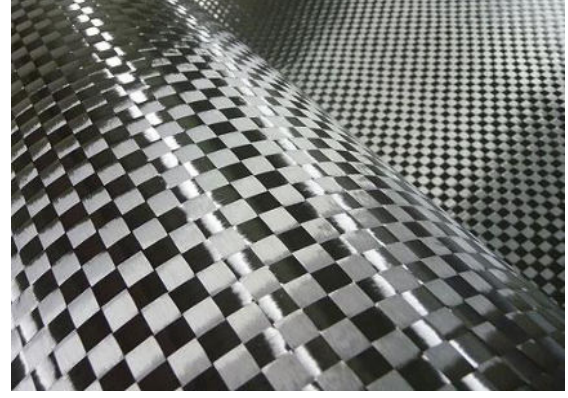
Binlerce saat AR-GE çalışması ve ciddi bir bütçe ayırarak geliştirdiğimiz MDX rüzgar türbini ile amacımız en yeni teknolojiler ışığında yeni nesil bir rüzgar jeneratörü geliştirmektir. Bu enerji sistemiyle, yüksek performans ile güvenli, temiz ve yenilenebilir enerji üretimi, hatta dolayısıyla yatırım arasında bir denge geliştirdik. Savonius rotor 1927'den beri iyi bilinen ve güvenilen bir sistem olmuştur. Günümüzde kolay tedarik edilen mevcut hafif malzemeler ile açık sarmal ve tamamen akan heliks şeklindeki şık görselli bu ürünü teknolojik üretim süreçleriyle optimize ettik.

KALİTE KRİTERİ

Yeni jenerasyon PM jeneratörleri ve güç elektroniği, MDX rüzgar türbini için biçilmiş kaftandır. Karakteristik sarmal şekli ile dikey rüzgar türbini, mekanik akış dönüşü için tasarlanmış ve özel güç elektroniği ile kombin hale getirilmiş ultra hafif yapısıyla tüm bilinen geleneksel dikey türbinler ile karşılaştırıldığında %28 oranında bir performans artışı sağlamaktadır.

MALZEME VE DAYANIKLILIK TESTLERİ

5 eksenli CNC yüksek hassasiyetli işleme yüksek mukavemetli fiber kompozitler



MDX rüzgar türbini için cam elyaf, aramid örgü ve seramik kumaş gibi malzemeler deneme ve testlerinden geçmiş ancak hem hafifliği hem de neredeyse sınırsız hizmet ömrü yapısına sahip olması sebebiyle karbon fiber malzeme kullanılmıştır.

Kurulumu yapılmış bir platform üzerinde herhangi bir sebep ile blok hale gelmiş türbinimiz pasif konumdayken dahi karbon fiber yapıyla 120 Km/h hızında esen bir rüzgar gücünü dahi absorbe edebilme kabiliyetine sahiptir. Türbinimizi tasarlarken ülke coğrafyamızın tüm fiziksel ve iklimsel radikallerini analiz ederek göz önünde bulundurduğumuz fizibilite raporlarımızı kılavuz alıyoruz.

Ham madde tedariki ve güvencesi;

Türbinimizin imalat aşamasında malzeme ve ham madde seçimi hususunda da kalite ve güvenceden ödün vermemek adına tedarikçilerimizi hassasiyetle seçtik. Rüzgar türbini serisinin tüm bileşenlerine katkıda bulunan ve tüm katılımcı ortaklarını havacılık ve uzay mühendisliği kapsamında oluşturan ISO ve yüksek kalite standartlarında taviz vermeyen ve sektörel tecrübeleri tüm proje gereksinimlerini karşılayacak düzeyde olan Alman menşeli tedarikçiler ile çalıştık.



**Made in
Germany**

- beste Qualität
- faire Bezahlung
- sichere Arbeitsplätze
- hohe Umweltstandards

Türbin Montaj Örnekleri



MDX rüzgar türbini tavana, direğe çatıya duvara veya fizibilite raporları doğrultusunda uygun tespit alan herhangi bir yere monte edilebilir.

Rejeneratif rüzgârın gücünü kullanır ve elektrik enerjisine dönüştürür.

Bu, bu rüzgar türbinini, sabit, konut, ticari, kamu ve mobil kullanım için en uygun maliyetli enerji sistemlerinden biri haline getirir.





UYGULAMA ALANLARININ DA ÇEŞİTLİLİK

MDX Rüzgar Türbini, piyasa da olan diğer türbinlere nazaran daha küçük, daha hafif, daha estetik ve daha verimli, dikey ve ergonomik yapısıyla özel mesken tüketimleri, tahsis alanların da kurulum, kurulu olduğu alandan kamu ağını besleme ve ürettiği elektriği yerin de ya da başka bir yerde depolama konusunda da daha üstün bir üründür.

Uygulama alanları;

- * Sabit alanlar
- * Özel konutların ihtiyaç duyduğu enerjiyi üretmek için güç kaynağını desteklemek,
- * Kamu ağının bulunmadığı, dağcı ya da avcı kulübeleri, tatil beldeleri ya da konaklama noktalarının tesisatlarını desteklemek,
- * Doğrudan işletilen su pompası sistemleri,
- * Hidroelektrik: Elektrik üreten su sistemleri



Hareketli unsurlar

- * Karavanlar ve kampçılarının desteklenmesi
- * Teknelerin ve gemilerin güç kaynağının desteklenmesi
- * Kamp ve eğlence için destek güç kaynağı
- * Feribot ve marinaların enerji temini
- * Elektrikli arabalar için şarj istasyonlarının desteklenmesi





Ticari ve kamusal alanlar

- * Ticari işletmelerin, salonların, garajların desteklenmesi
- * Oteller ve tatil köylerinin desteklenmesi
- * Tarımda, ahırlarda ve besi çiftliklerinde kendi kendine yeterlilik için güç kaynağını desteklemek
- * Otoyol tabela sistemleri ve genel aydınlatma sistemleri için güç kaynağı
- * Ofis binalarının güç kaynağı
- * Mobil direklerin Autarkic konumu
- * Karayolların da Trafik rüzgarı rotorları
- * Kamyonların güç kaynağı (frigorifik taşıyıcılar)
- * Rüzgar-güneş hibrid enerji santrallerinde kombinasyon
- * Kombine rüzgar-güneş sokak aydınlatma sistemleri



1. Kendi ev ağınıza girin

Elektrik yerel olarak sistem tarafından üretilir ve sahanın ihtiyaı oranın da tkutilir. Sistem teknik olarak, kamu g Őebekesinin bir parçasıdır ve tkutilmeyen elektrik, kamu Őebekesine aktarılır. Kamu Őebekesinin belirlediği standart tarifelere göre de ücretlendirilir.

2. Şebeke ağının ulaşamadığı alanlar da faaliyet

Burada üretilen elektrik bir bataryada depolanır ve alanın ihtiyaç duyacağı zamana kadar beslenir ve istendiğin de tüketim sağlanır. Amaç, elektrik ihtiyaı olan yerin sahip olduğu rüzgar gücü kapsamın da, elektrik ihtiyaı oranına uygun büyüklükte batarya kullanarak elektrik üretmek, depolamak ve sonrasın da isteğe bağlı olarak tüketerek tam bir kendi kendine yeterlilik sağlamaktır.

Yenilikçi Düşünce ve Teknoloji

Test edildi

Kapsamlı rüzgar tüneli testlerinde ve sayısal akış hesaplarında, dikey bir ultra hafif rüzgar türbini (düşük hızlı rotor) geliştirildi ve iyi bilinen Savonius rotoruna dayanan en yüksek verimlilikle optimize edildi.

Aylar boyunca, gelen rüzgarın daha yüksek verimini sağlayan bu yenilikçi rotor şeklini geliştirdik, hesapladık ve optimize ettik. Yeni rüzgar türbini klasik Savonius fikrini takip etmesine rağmen, akıllı akış yönlendirme sayesinde basınç farklarını, tezgahları ve türbülansları rahatsız eden yenilikçi bir rotor geometrisine sahiptir.

Karakteristik sarmal şekli ile rüzgar türbini, rüzgar değişimi ve karmaşık 3D aerodinamik akış analizinde geleneksel dikey direnç rotorlarına göre % 28'den fazla performans artışı göstermiştir.

Sistem, İki veya daha fazla yarı dairesel kavisli kanatların dikey olarak monte edildiği dikey bir rotor eksenine monte edilen iki yatay lens diskinden oluşan, modern yüksek performanslı kompozit malzemeden yapılmış ultra hafif rotorlardır.

Kanatlar birbirinden kaydırılır, böylece rüzgârın bir kısmı sağdan ve soldan açık bıçak ağızlarına doğru yönlendirilir ve buradaki içbükey bıçakların birinin arkasına etki eder.

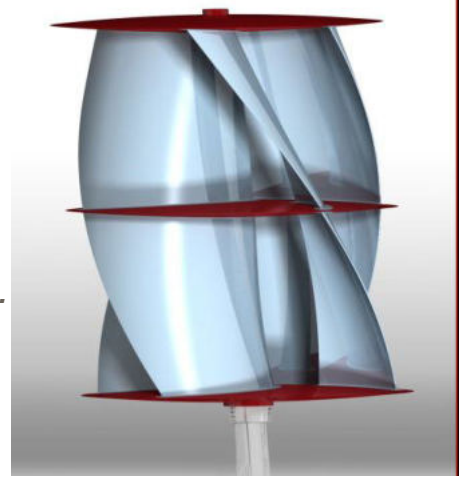
Etki şekli, hem aerodinamik yüzdürme hem de direncin yol açtığı itme gücüne dayanmaktadır.

Dikey ekseninde (VAWT: Dikey Eksenli Rüzgar Türbini), fonksiyon rüzgar yönünden bağımsızdır.

Yapının sarmal yapısı nedeniyle rüzgar, türbülans sırasında bile dönüş sırasında her açıda bir saldırı yüzeyi bulur. Sarmalın şekli doğaya (biyonik) dayanır ve insan DNA yapılarına karşılık gelir.

Her bir metrekare süpürme rotor yüzeyi için 1000 W ila 1580 W elektrik enerjisi üretilebilir.

Küçük rüzgarla bile yüksek verim!
MDX rüzgar türbini' nin olağanüstü özellikleri.



DOPPEL Sarmal rüzgar türbini
Yükseklik: 4200 mm Güç : 10 KW / H

- * Geliştirilmiş dikey eksenli spiral rotorlar, yatay eksenlere sahip geleneksel sistemlere göre aşağıdaki avantajlara sahiptir:
- * Rüzgar, rüzgar takibine gerek kalmadan sürekli olarak her yönden emilir
- * 2,8 m / s (10 km / s) rüzgar hızı gibi düşük rüzgarda bile yüksek çıkış
- * Güçlü rüzgar kuvvetleri kolayca 'yutulur'.
- * Fırtına durumunda bile sistemin kapatılması gerekmez (diğer sistemler 24 m / s' de durdurulur).
- * Güçlü rüzgarlar da kalıcı, kesintisiz uygulama.
- * Sistem sağlamdır, az aşınma gösterir, bakım gerektirmez ve aynı zamanda düşük işletme maliyetlerine sahiptir. Gerek üretim gerek bakım konusun da mekanik yapı karmaşık değildir.
- * Uzun ömürlü ve düşük hızda sabit mıknatıslı jeneratörlerin kullanımı
- * Yüksek çalışma süreleri
- * Neredeyse gürültüsüz operasyon
- * Yatay rüzgar türbinlerinden bilindiği gibi dinamik bir gölgeleme yoktur.
- * Son derece düşük başlangıç torku ve böylece kinetik enerjinin iyi elektromekanik dönüşümü

MDX rüzgar türbini' nin olağanüstü özellikleri.

- * Özel bir alan gerekli değildir, çoğu durumda basit bir destek yeterlidir. Montaj ve gerektiğinde demonte işlemleri oldukça basittir.
- * Son teknoloji fiber kompozit malzemelerin kullanımı, maksimum güç ve UV direncine sahip ultra hafif bir tasarıma ve dolayısıyla yüksek verimliliklere olanak tanır.
- * Modüler ve son derece esnek yapı (aynı parça modüler prensibi). Bileşenler gerekirse ayrı ayrı değiştirilebilir. Güçlendirme ile performansta bir artış her zaman mümkündür
- * Sarmal yapı rüzgara her zaman ve her dönme açısında yeterli saldırı yüzeyi sağlar.
- * Son teknoloji ürünü, verimli ve uygun maliyetli üretim
- * En gelişmiş güç elektroniği ile performans optimizasyonu
- * Düzgün dönme hareketi
- * Sistem şanzıman olmadan çalıştığı için mekanik kayıp olmaz (doğrudan güç iletimi)
- * Düşük edinim maliyetleri, kolay kurulum ve neredeyse sınırsız ömürlü bakım gerektirmeyen işletim nedeniyle son derece karlı
- * Çok iyi aerodinamik verim
- * Olağanüstü optik etkisi
- * Bir reklam aracı olarak kullanılabilirliği
- * Montaj edildiği alanın silüetini etkilemeyen bir görsellik.



Bir ofis binası çatısı

Sıfır gürültü!

MDX rüzgar türbini çok sessiz bir birimdir. Gürültü araştırmalarımızın amacı, jeneratörün ve sarmal rüzgar türbininin neden olduğu gürültü yükünü, yakın çevresinde yaşayan veya çalışan insanlar için rüzgar hızının bir fonksiyonu olarak belirlemektir.

10 m / s'den fazla rüzgar hızında anlamlı bir değer belirlenemedi, çünkü ortam gürültüsü sarmal rüzgar türbinden daha yüksek idi.

km / m	G en R	de o r	dB içinde	dB içinde	dB içinde
s / sn	dB	1	5	10m mesafe	
		m D i stan	m D i	duruş	
3.60	1	0	0	0	0
7.20	2	0	0	0	0
10,80	3	0	0	0	0
14,40	4	0	0	0	0
18,00	5	0	0	0	0
21,30	6	10	0	0	0
25,20	7	16	0	0	0
28,80	8	22	12	0	0
32,40	9	30	16	0	0
36,00	10	38	21	15	0
43,20	12	46	26	20	0
50.40	14	49	31	24	0
57.60	16	50	37	29	0
64,80	18	54	42	34	0

Tip listesi ve teknik veriler.

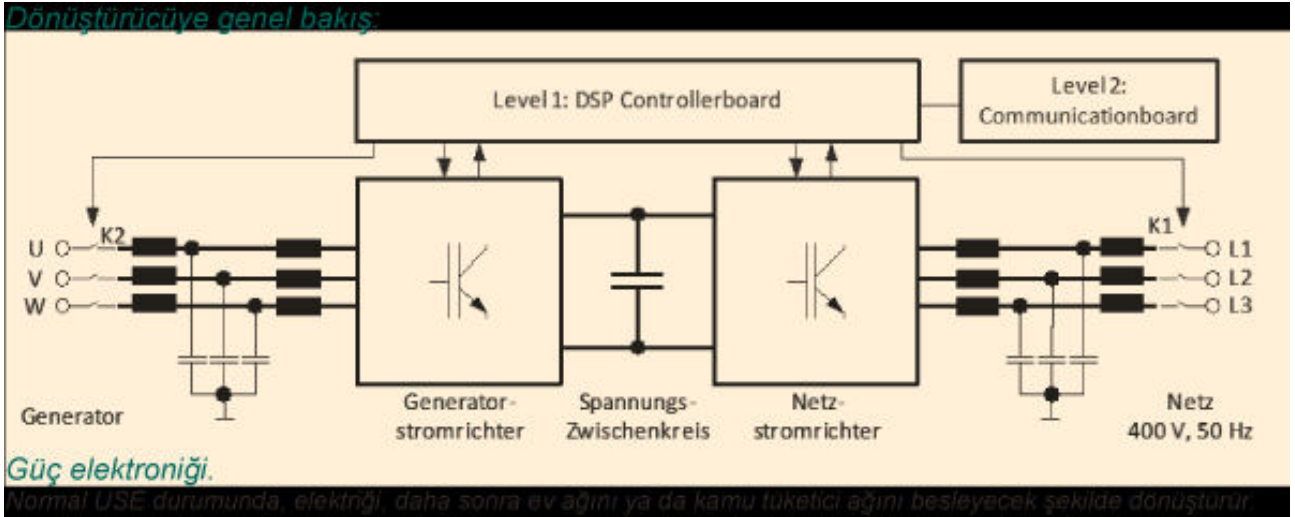
Hayır.tayin	karakteristikleri		Açıklamalar	
	MD100	MDX10		
1	uygulama	evler	ticaret	
2	rotor çapı	400 mm	2000 mm	
3	yükselik	1200 mm	2500 mm	Modüler ayarlanabilir
4	Rüzgar yükü yüzey	0,6 m ²	15 m ²	Modüler ayarlanabilir
5	Helix alanı	Sarmal 0-45 ° 180 ° ye kadar genişletilebilir		Modüler tasarım
6	Rüzgar hızını başlat	1,4 m / s	1,4 m / s	
7	İlk güç teslimatı	2,8 m / s	2,8 m / s	
8	Nominal rüzgar hızı	7-8 m / s	7-8 m / s	
9	Nominal hız	100 rpm	100 rpm	
10	Nominal güç	0,1 kW	10 kW	Jeneratore, yüksekliğe,
11	Anma gücü	12 m / s rüzgar hızı		çapa bağlı olarak
12	Maksimum performans	0,15 kW	12 kW	Jeneratore, yüksekliğe, çapa bağlı olarak
13	Kapatma	hayır	hayır	Maksimum 50 m / s
14	roladan çıkmak	İzleme gerekli değil, rüzgar yönü bağımsız		
15	Sürücü tipi	Vites kutusu olmadan doğrudan tahrik, mekanik Kayıp yok		
16	türbin Ağırlığı	5 kg	210 kg	
17	jeneratör tipi	Kalıcı mıknatıslı 3 fazlı alternatör, direkt tahrik, koruma IP 54		
18	çalışma sıcaklığı	- 35 ° C ile + 80 ° C		
19	Güç kaynağı kullanın	Voltaj seçimi 12 VDC, 24 VDC, 230 V AC 50 Hz, koruma sınıfı IP33		
20	Şebeke kaynağı	İnverter ile ağ bağlantısı		
	kullanın			
21	Gürültü emisyonu	Doğal rüzgar gürültüsü, ses yok		
22	Rüzgar jeneratörü optik	Reklam alanı olarak uygun, rüzgar türbini rengi istenildiği gibi		

En gelişmiş güç elektroniği:

MDX rüzgar türbini. MDX Rüzgar Türbini havacılık ve uzay teknolojileri konusun da kendini kanıtlamış mühendisler ile birlikte projeye destek veren Nurnberg Üniversitesi rüzgâr enerjisi, hız ve güç kaynağı geliştirme çalışmaları kapsamında da ortaya çıkmıştır. Optimum etkileşimi kontrol eden güç elektroniği, MDX Rüzgar Türbini için özel olarak geliştirilmiştir. Özel bir düşük hızlı jeneratör, rüzgar türbinine doğrudan yük yolu üretmek için, sistemin alt lens gövdesi içine entegre edilmiştir.

Bu tüketici şebekesi beslenebilir ve böylece yeni dönüştürücünün sarmal rüzgar türbini için geliştirilen küçük rüzgar enerjisi tesisi tarafından üretilen elektrige dönüştürür. Benzer şekilde yeni geliştirilen jeneratör tarafından üretilen elektrik, ilk olarak 400 V AC ile 3 fazda güç dönüştürücüsüne aktarılır. Yukarı akım üretici dönüştürücü, önce akımı bir voltaj ara devresinde akan 600 V DC'ye değiştirir. DC bağlantısında uygulanan 600 V DC voltajı, şebeke dönüştürücüsüne 400 V AC / 50 Hz / 16 A değerine yönlendirilir ve böylece 3 fazında tüketici ağına beslenebilir. İletişim arabirimleri, verilerin Ethernet üzerinden PC'lere bağlanmasını ve aktarılmasını sağlar ve İnternet üzerinden sisteme uzaktan erişim sağlar.

Dönüştürücüye genel bakış:



Dönüştürücüye genel bakış:

güç elektroniği. Normal USE durumunda, elektriği, daha sonra ev ağını ya da kamu tüketici ağını besleyecek şekilde dönüştürür.

Hata durumlarında, güç elektroniği akıllıca davranır:

Jeneratörün maksimum hızı aşılırsa, sistem yük direncini (ısıtma kartuşu) otomatik olarak etkinleştirir ve sarmal rüzgar türbini de dahil olmak üzere jeneratörü nominal düzeyde yavaşlatır.

Ev veya kamu şebekesi aşırı yüklenmeli ise, şebeke izleme modu ile, hem şebekenin hem de sistemin hasar görmediğinden emin olunacaktır.

Her iki şebekede de herhangi bir kaynak yoksa, güç elektroniği kesilecektir. Jeneratör üretimsiz olarak çalışmaya devam edecektir. Bununla birlikte, voltaj uyarılmasına rağmen, akım akışı oluşmaz. Akım olmadığı için jeneratör yüklenmez. Hız ve voltaj, güç elektroniği tarafından izlenir. Jeneratörde yüksek hız ve / veya çok yüksek bir voltaj oluşması durumunda, ısıtma kartuşu aktive edilir.

Genel bir elektrik kesintisi varsa ve güç elektroniği şebeke beslemesi yoksa, ısıtma elektroniği devreye girer veya güç elektroniği şebekeye geri dönene kadar aktif kalır. Jeneratör şebekeden alınabileceğinden daha fazla güç üretirse, sistem burada tepki gösterecektir.

Fazla enerji diğer ağı dağıtılacaktır. Örnek: Jeneratör 600 W üretir, ancak ev ağı sadece 200 W çeker. Bu durumda 400 W fazlalık kamu tüketici ağına boşaltılır. Ağ aşırı yüklenmesi varsa, ağ izleme tepki verir.

Hata durumlarında, güç elektroniği akıllıca davranır:

Alternatörün maksimum hızı aşılrısa, sistem yük direncini (ısıtma kartuşu) otomatik olarak etkinleştirir ve sarmal rüzgar türbini de dahil olmak üzere alternatörü nominal düzeyde yavaşlatır.

Ev veya kamu şebekesi aşırı yüklenmeli ise, şebeke izleme modu ile, hem şebekenin hem de sistemin hasar görmediğinden emin olunacaktır.

Her iki şebekede de herhangi bir kaynak yoksa, güç elektroniği kesilecektir. Alternatör üretimsiz olarak çalışmaya devam edecektir. Bununla birlikte, voltaj uyarılmasına rağmen, akım akışı oluşmaz. Akım olmadığı için alternatör yüklenmez. Hız ve voltaj, güç elektroniği tarafından izlenir. Alternatörde yüksek hız ve / veya çok yüksek bir voltaj oluşması durumunda, ısıtma kartuşu aktive edilir.

Genel bir elektrik kesintisi varsa ve güç elektroniği şebeke beslemesi yoksa, ısıtma elektroniği devreye girer veya güç elektroniği şebekeye geri dönene kadar aktif kalır. Alternatör şebekeden alınabileceğinden daha fazla güç üretirse, sistem burada tepki gösterecektir.

Fazla enerji diğer ağa dağıtılacaktır. Örnek: Alternatör 600 W üretir, ancak ev ağı sadece 200 W çeker. Bu durumda 400 W fazlalık kamu tüketici ağına boşaltılır. Ağ aşırı yüklenmesi varsa, ağ izleme tepki verir.

Rüzgar sensörü nün bağlanması:

Rüzgar sensörü bağlantısı mümkündür.

Rüzgar sensörü analogunu bağlamak için iki seçenek vardır:

- * DSP denetleyici kartı
- * İletişim modülü

DSP Kontrol Panosunun iki adet boş güç girişi vardır. Bunlar ± 20 mA seviyesinde tasarlanmıştır. Girişteki küçük bir operasyonel amplifikatör devresi ile seviye ayarlanabilir. Haberleşme kartı 0-1.8V giriş seviyesine sahiptir. Burada seviye, örneğin bir devre vasıtasıyla 0 - 10 V olarak ayarlanabilir. Rüzgar sensörü bu nedenle bir analog çıkışa sahip olmalıdır. Alternatif olarak, bu da bir veri yolu (RS232, RS485, CAN) ile bağlanabilir.

Pil ile çalışma:

Güç elektroniği bilinen iki seçeneğe izin verir:

DC voltajından DC geriliminin boşaltılması.

Bu, bataryanın ve şarj regülatörünün DC linkine ve ayrıca bir yazılım adaptasyonuna bağlanmasıyla mümkün olur. Şarj Kontrol Cihazı ve Pil Yönetim Sistemi (BMS) son kullanıcı / müşteri tarafından sağlanmalıdır. Şarj kontrolörü bu durumda 600 VDC giriş gerektirir.

Şebekeye besleme ve bataryayı 230 VAC ile şarj etme ve bataryayı veya şarj edilebilir, bataryayı 400 VAC ana şebekeye bağlama.

Şarj Kontrolörü ve (BMS) son kullanıcı / müşteri tarafından sağlanmalıdır.

Izgara beslemesi bağlantısı:

Sağlanan 5 pinli, 16 A (400 VAC) bir fiştir. Müşteri sadece 5 pinli, 16 A (400 VAC) bir duvar prizine ihtiyaç duyar.

Kazançlar

Rüzgar, konum değerlendirme ve verim.

Rüzgârda yer alan teorik güç, rüzgar hızına, hava yoğunluğuna ve akan alana bağlıdır.

Gölgeler ve engeller rüzgar hızını büyük ölçüde yavaşlatır ve rüzgârda önemli ölçüde daha az güce yol açabilir. Yüksek katlı çatılar gibi yüksek irtifada, daha az türbülans vardır.

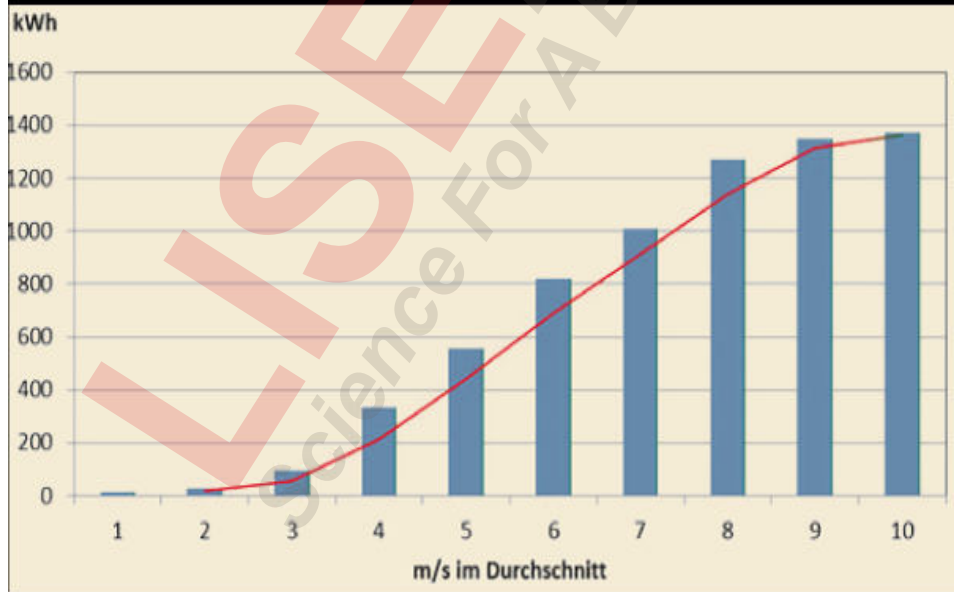
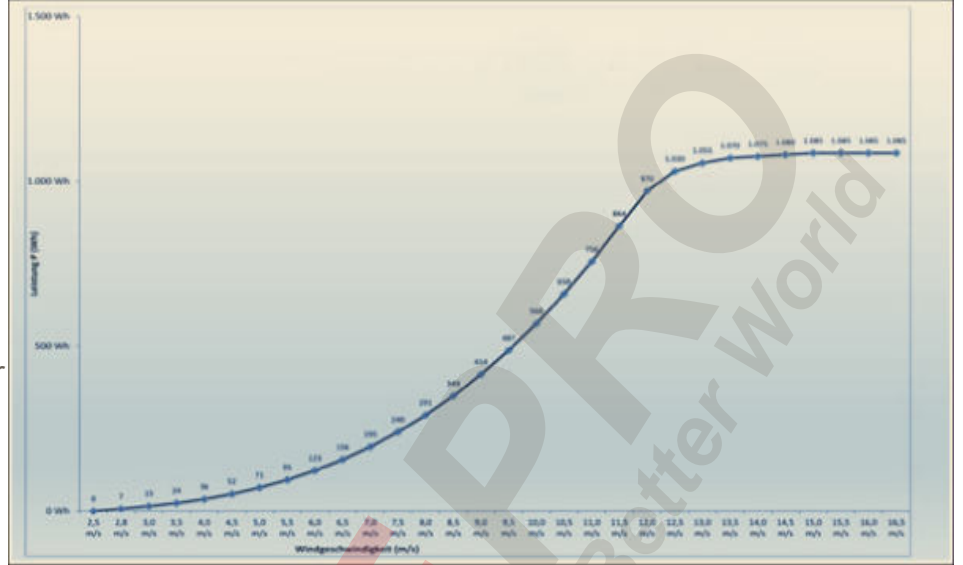
Gerçek performans, aşağıdaki noktalara ek olarak değişir:

- * Sistemin cp değeri (verimlilik)
- * mekanik kayıplar ve
- * elektromekanik kayıplar.

Cp değeri, rüzgâr türbininin verimliliğini veya sistemi mekanik enerjiye dönüştürebilen rüzgar oranını gösterir. Geliştirilen Helis rotoru, konuma veya gölgelendirmeye bağlı olarak

0.21 ila 0.28 cp değerine sahiptir. Daha sonra, güç aktarımından ve güç iletimi nedeniyle elektriksel kayıpları kullanılabilir enerjiye dönüştürür. Sonuç olarak, teorik rüzgar gücünün yaklaşık% 28'i gerçek kullanım için kalmaktadır. Örneğin, 1080 m² rüzgar enerjisinden 12 m / s rüzgar hızında 1 m² rotor yüzeyi ortalama 1000watt kullanılabilir.

MDX rüzgartürbini'nin güç çizelgesi.



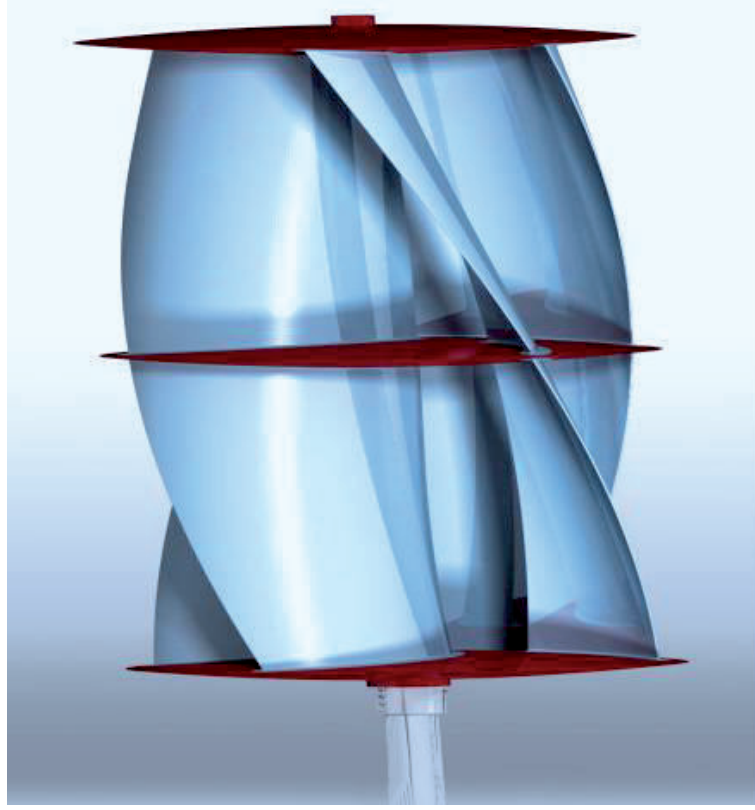
Model LP-MDX 1 H



LP-MDX1 H

- 1 uygulama Alanı: Mesken
- 2 rotor çapı 1400 mm
- 3 yükseklik 2000 mm Modüler ayarlanabilir
- 4 Rüzgar yükü yüzey 0,6 m² 15 m² Modüler ayarlanabilir
- 5 Helix alanı Sarmal 0-45 ° 180 ° ye kadar genişletilebilir Modüler tasarım
- 6 Rüzgar hızını başlat 1,4 m / s 1,4 m / s
- 7 İlk güç teslimatı 2,8 m / s 2,8 m / s
- 8 Nominal rüzgar hızı 7-9 m / s 7-9 m / s
- 9 Nominal hız 100 rpm 100 rpm
- 10 Nominal güç 1 kW
- 11 Anma gücü 12 m / s rüzgar hızı
- 12 Maksimum performans 1,3 kW
- 13 Kapatma hayır hayır Maksimum 50 m / s
- 14 rotadan çıkmak İzleme gerekli değil, rüzgar yönü bağımsız
- 15 Sürücü tipi Vites kutusu olmadan doğrudan tahrik, mekanik kayıp yok
- 16 türbin Ağırlığı 78
- 17 jeneratör tipi Kalıcı mıknatıslı 3 fazlı alternatör, direkt tahrik, koruma IP 54
- 18 çalışma sıcaklığı - 35 ° C ila + 80 ° C
- 19 Güç kaynağı kullanın Voltaj seçimi 12 VDC, 24 VDC, 230 V AC 50 Hz, koruma sınıfı IP33
- 20 Şebeke kaynağı kullanın Inverter ile ağ bağlantısı
- 21 Gürültü emisyonu Doğal rüzgar gürültüsü, ses yok
- 22 Rüzgar jeneratörü optik Reklam alanı olarak uygun, rüzgar türbini rengi istenildiği gibi

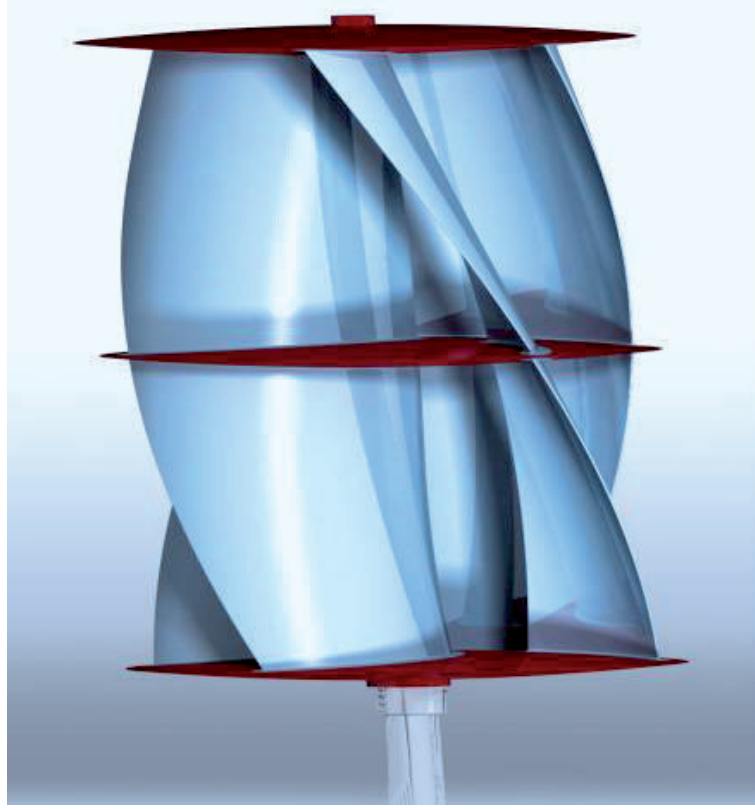
Model LP-MDX 3 H



LP-MDX3 H

- 1 uygulama Alanı: Mesken
- 2 rotor çapı 1400 mm
- 3 yükseklik 4000 mm Modüler ayarlanabilir
- 4 Rüzgar yükü yüzey 0,6 m² 15 m² Modüler ayarlanabilir
- 5 Helix alanı Sarmal 0-45 ° 180 ° ye kadar genişletilebilir Modüler tasarım
- 6 Rüzgar hızını başlat 1,4 m / s 1,4 m / s
- 7 İlk güç teslimatı 2,8 m / s 2,8 m / s
- 8 Nominal rüzgar hızı 7-9 m / s 7-9 m / s
- 9 Nominal hız 100 rpm 100 rpm
- 10 Nominal güç 3 kW
- 11 Anma gücü 12 m / s rüzgar hızı
- 12 Maksimum performans 3,5 kW
- 13 Kapatma hayır hayır Maksimum 50 m / s
- 14 rotadan çıkmak İzleme gerekli değil, rüzgar yönü bağımsız
- 15 Sürücü tipi Vites kutusu olmadan doğrudan tahrik, mekanik kayıp yok
- 16 türbin Ağırlığı 135
- 17 jeneratör tipi Kalıcı mıknatıslı 3 fazlı alternatör, direkt tahrik, koruma IP 54
- 18 çalışma sıcaklığı - 35 ° C ila + 80 ° C
- 19 Güç kaynağı kullanın Voltaj seçimi 12 VDC, 24 VDC, 230 V AC 50 Hz, koruma sınıfı IP33
- 20 Şebeke kaynağı kullanın Inverter ile ağ bağlantısı
- 21 Gürültü emisyonu Doğal rüzgar gürültüsü, ses yok
- 22 Rüzgar jeneratörü optik Reklam alanı olarak uygun, rüzgar türbini rengi istenildiği gibi

Model LP-MDX 10 H



LP-MDX10 H

- 1 uygulama Alanı: Mesken
- 2 rotor çapı 2800 mm
- 3 yükseklik 4000 mm Modüler ayarlanabilir
- 4 Rüzgar yükü yüzey 0,6 m² 15 m² Modüler ayarlanabilir
- 5 Helix alanı Sarmal 0-45 ° 180 ° ye kadar genişletilebilir Modüler tasarım
- 6 Rüzgar hızını başlat 1,4 m / s 1,4 m / s
- 7 İlk güç teslimatı 2,8 m / s 2,8 m / s
- 8 Nominal rüzgar hızı 7-9 m / s 7-9 m / s
- 9 Nominal hız 100 rpm 100 rpm
- 10 Nominal güç 10 kW
- 11 Anma gücü 12 m / s rüzgar hızı
- 12 Maksimum performans 13 kW
- 13 Kapatma hayır hayır Maksimum 50 m / s
- 14 rotadan çıkmak İzleme gerekli değil, rüzgar yönü bağımsız
- 15 Sürücü tipi Vites kutusu olmadan doğrudan tahrik, mekanik kayıp yok
- 16 türbin Ağırlığı 135
- 17 jeneratör tipi Kalıcı mıknatıslı 3 fazlı alternatör, direkt tahrik, koruma IP 54
- 18 çalışma sıcaklığı - 35 ° C ila + 80 ° C
- 19 Güç kaynağı kullanın Voltaj seçimi 12 VDC, 24 VDC, 230 V AC 50 Hz, koruma sınıfı IP33
- 20 Şebeke kaynağı kullanın Inverter ile ağ bağlantısı
- 21 Gürültü emisyonu Doğal rüzgar gürültüsü, ses yok
- 22 Rüzgar jeneratörü optik Reklam alanı olarak uygun, rüzgar türbini rengi istenildiği gibi

Model LP-DMX 5 HT



LP-DMX5 H

- 1 uygulama Alanı: Ticari
- 2 rotor çapı 1800 mm
- 3 yükseklik 3000 mm Modüler ayarlanabilir
- 4 Rüzgar yükü yüzey 0,6 m² 15 m² Modüler ayarlanabilir
- 5 Helix alanı Sarmal 0-45 ° 180 ° ye kadar genişletilebilir Modüler tasarım
- 6 Rüzgar hızını başlat 1,4 m / s 1,4 m / s
- 7 İlk güç teslimatı 2,8 m / s 2,8 m / s
- 8 Nominal rüzgar hızı 7-9 m / s 7-9 m / s
- 9 Nominal hız 100 rpm 100 rpm
- 10 Nominal güç 5 kW
- 11 Anma gücü 12 m / s rüzgar hızı
- 12 Maksimum performans 6 kW
- 13 Kapatma hayır hayır Maksimum 50 m / s
- 14 rotadan çıkmak İzleme gerekli değil, rüzgar yönü bağımsız
- 15 Sürücü tipi Vites kutusu olmadan doğrudan tahrik, mekanik kayıp yok
- 16 türbin Ağırlığı 92
- 17 jeneratör tipi Kalıcı mıknatıslı 3 fazlı alternatör, direkt tahrik, koruma IP 54
- 18 çalışma sıcaklığı - 35 ° C ila + 80 ° C
- 19 Güç kaynağı kullanın Voltaj seçimi 12 VDC, 24 VDC, 230 V AC 50 Hz, koruma sınıfı IP33
- 20 Şebeke kaynağı kullanın Inverter ile ağ bağlantısı
- 21 Gürültü emisyonu Doğal rüzgar gürültüsü, ses yok
- 22 Rüzgar jeneratörü optik Reklam alanı olarak uygun, rüzgar türbini rengi istenildiği gibi

FİYAT TABLOSU

<i>LP- MDX-01-H</i>	<i>2.800,00 USD + KDV</i>
<i>LP-MDX-03-H</i>	<i>4.660,00 USD + KDV</i>
<i>LP-MDX-05-H</i>	<i>5.830,00 USD + KDV</i>
<i>LP-MDX-10-H</i>	<i>9.350,00 USD + KDV</i>
<i>LP-DMX-05-HT</i>	<i>6.120,00 USD + KDV</i>

Sipariş üzerine 100 KW ya kadar Türbin üretimi yapılabilmektedir. Tablo dışında kalan ürünlerimiz ayrıca projelendirilir ve ücretlendirilir.

3. TEKNİK ÇÖZÜM

3.1. Tasarım Döngüsü ve Mimarinin Oluşturulması

Elektrik makineleri tasarlanırken belli başlı kriterler dikkate alınarak uygun tasarım gerçekleştirilmelidir. Alternatörlere ait bazı tasarım kriterleri aşağıdaki gibidir.

- ? Düşük maliyetli tasarım
- ? Yüksek verimli tasarım
- ? Dengeli tasarım
- ? Yüksek Güç Yoğunluklu Tasarım

Proje çalışmasında tasarlanacak olan generatör yukarıda bahsedilen dört kriter birden dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Bunun sağlanması için kullanılacak malzemeler ve tasarım yöntemi dikkatlice ele alınmalıdır. Temel olarak, bir tasarım belirtilen uluslararası standartlara uygun olarak makine parça ve çeşitli bileşen boyutlarının, ağırlıklarının, malzeme özelliklerinin, çıkış parametrelerinin ve performansının hesaplanmasını içerir. Hesaplanan parametreler nihai test sonuçlarıyla uyumlu olmayabilir. Bu nedenle tasarım, önceki işletme deneyimine sahip bu tür makinelerin tasarım analizine yakın tutulmalıdır.

Generatör tasarımında öncelikli olarak tasarlanan makinenin rotor yapısı ve akı geçiş doğrultusu gibi temel yapının belirlenmesi gereklidir. Daha sonra nominal çıkış gücü, devir sayısı, çıkış gerilimi, stator, rotor çapları ve uzunlukları, stator sacı, mıknatıs tipi ve boyutları, sarım şekli, oluk sayısı, kutup sayısı gibi konfigürasyonlar belirlenmelidir. Aşağıda belirtilen tasarım çevrimi uygulanarak temel parametreler elde edilmelidir.

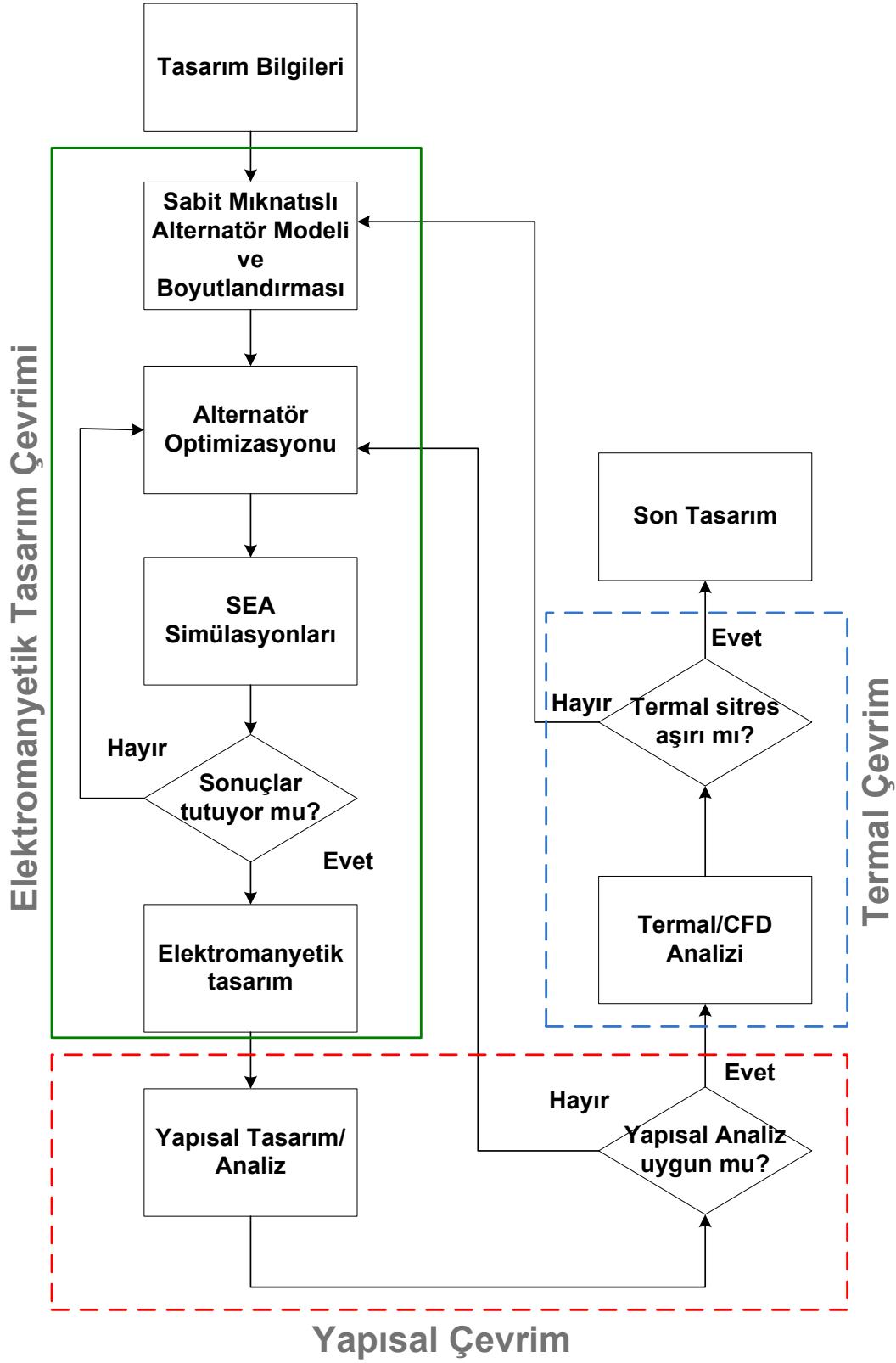
- ✓ Makine nominal değerlerinin belirlenmesi
- ✓ Farklı rotor ve akı yapılarının değerlendirilmesi
- ✓ Mıknatıs seçimi, boyutlandırılması ve mıknatıslar arası açıklık
- ✓ Kullanılacak sac seçimi
- ✓ Kutup sayısının belirlenmesi
- ✓ Oluk ve faz sayısının belirlenmesi
- ✓ Sargı adımı
- ✓ İletken katsayısı
- ✓ Temel boyutlandırma
- ✓ Hava aralığının ve manyetik yüklenmenin belirlenmesi

- ✓ Elektriksel yüklenmenin belirlenmesi
- ✓ Rotor tasarımı ve kutup akı yoğunluğu belirlenmesi
- ✓ Stator boyutlarının belirlenmesi
- ✓ İletken ve sarım sayılarının belirlenmesi
- ✓ İletken kesitlerinin ve faz direnci ile endüktansının hesaplanması
- ✓ Performans hesabı
- ✓ Akım yoğunluğu, akı yoğunlukları, oluk doluluk oranı değerlerinin kontrol edilmesi
- ✓ Sıcaklık artışı ve demagnetizasyon kontrol edilmesi
- ✓ İstenilen değerler sağlanana kadar parametrik analizlerin yapılması

Sabit mıknatıslı radyal akılı adı da verilen standart alternatörlerin tasarımı, tüm dünyada birçok firma tarafından belirli güç ve hızlarda yapılmaktadır. Ancak, her ne kadar tasarımda kullanılacak yazılımlar olsa bile, özel bir uygulama için alternatör tasarımı uzmanlık istemekte ve zaman almaktadır. Standart dışı sabit mıknatıslı alternatörlerin tasarımı ise, başlı başına uzmanlık gerektiren, motor yapısına bağlı olarak denklemleri değişen, modelleme ve sonlu elemanlar analizi (SEA) gibi analizler olmaksızın tasarımın sonlandırılmayacağı, zaman alıcı güç bir iştir.

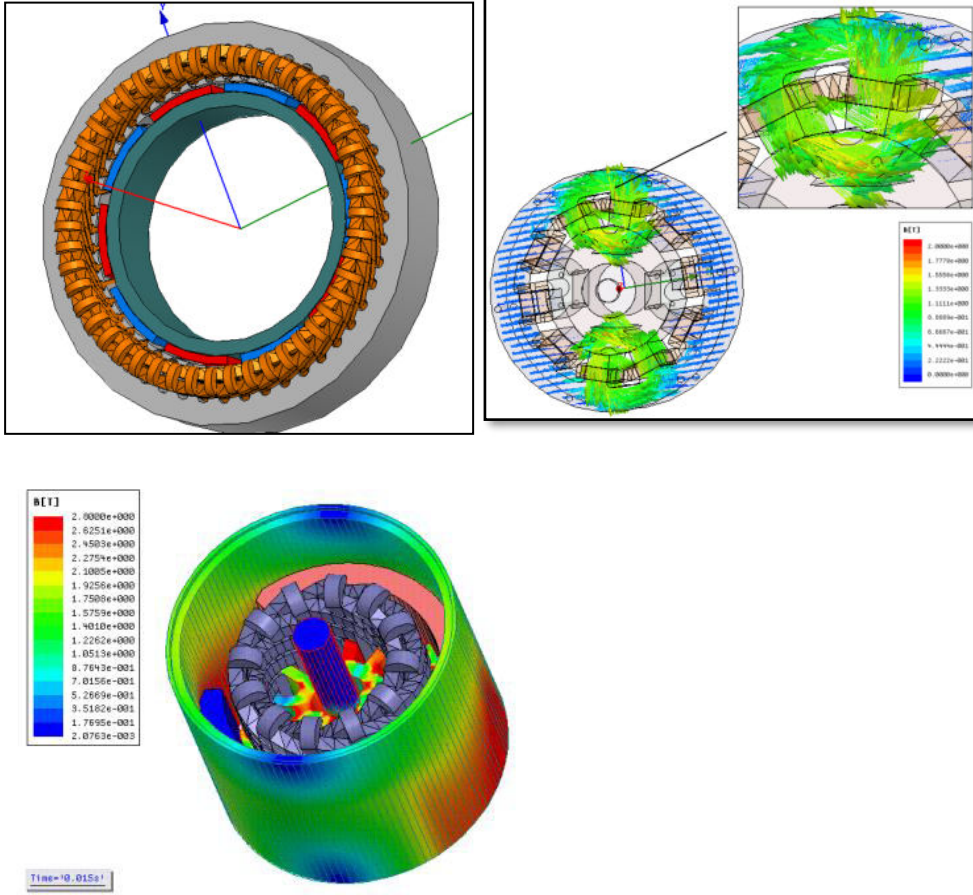
Sabit mıknatıslı alternatörlerin tasarım süreci günümüzde artık sadece elektromanyetik tasarımdan ibaret değildir. Şekil 2'de görüldüğü gibi, bu çalışmada tasarlanan alternatörün elektromanyetik, yapısal ve termal tasarım ya da analiz aşamaları geçtikten sonra sonlandırılmıştır. Elektromanyetik tasarım kendi içerisinde generatör modeli, optimizasyon, 2 yada 3 boyutlu sonlu elemanlar analizi gibi uzun, yorucu ve zaman alıcı aşamaları içermektedir. Alternatör modeli, sabit mıknatıslı alternatörün yapısına bağlı olarak, sonlu elemanlar yazılımının türünün 2 ya da 3 boyutlu olmasına göre değişir.

Bu projenin temel iskeleti alternatör tasarımı üzerine kurulmuştur. Bilindiği üzere elektrik makinelerinin lineer olmayan davranışları nedeniyle standart bir hesaplama yöntemi bulunmamaktadır. Farklı karakteristikteki makineler için sürekli değişen makine katsayıları bulunmakta ve bu katsayıların tespiti makine tasarımcısının tecrübelerine bağlı hale gelmektedir. Bu amaçla daha önceki çalışmalarımızda oluşturmuş olduğumuz bir takım karmaşık elektromanyetik ve elektromekanik hesaplama yöntemleri dikkate alınarak nümerik ve sonlu eleman analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Tasarım ve analiz süreci iş akış şeması

Projede üretilen kalıcı mıknatıslı senkron alternatör öncelikle analitik olarak modellenmiştir. Şekil 3'de Ansoft Maxwell yazılımı ile oluşturulmuş birkaç elektrik makine modeli görülmektedir.



Şekil 3. ANSYS Maxwell Alternatör Modeli

Yukarıda verilen analitik döngüler yardımı ile makinaya boyutlandırma hesaplarını gerçekleştirmeden önce başlangıç parametreleri Tablo 1'de gösterildiği gibi ortaya konmaktadır.

Tablo 1. Başlangıç parametreleri

60 KW Sabit Mıknatıslı Rüzgâr Türbin Generatörü Teknik Özellikleri	
Anma Çıkış Gücü	60 KW
Anma Devri	100 d/d
Çıkış Gerilimi	690 V (3~) AC

Verim	> %91
Kutup Sayısı	78
Çalışma Frekansı	50 Hz
Türbin Bağlantı/Çalışma Şekli	Dişli Kutusuz Direct Drive (Doğrudan Tahrik)
Mıknatıs Dayanım Sıcaklığı	150 °C
Rotor Tipi	Sabit Mıknatıslı (Nikel Kaplı) N40SH Tipi Neodyum Mıknatıslar)
Gövde Tipi	Alaşımli Yüksek Dayanımlı Döküm Alüminyum
Rulman	KYOTO Pirinç Korumalı

3.2. Boyutlandırma Prosedürü ve Ana Boyutlandırma

Bu bölümde kalıcı mıknatıslı senkron makinanın tasarımı için gerekli prosedürler sunulmuştur.

Günümüzde elektrik makinelerinin tasarımı için pek çok yazılım bulunmaktadır. Fakat bu yazılımlar genel itibari ile analiz çalışmaları için kullanılabilir. Elektrik makinelerinin boyutlandırma çalışmaları ise başlı başına uzmanlık ve deneyim gerektirmektedir. Bu sebeple boyutlandırma çalışmaları ilk etapta analitik hesaplamalar gerçekleştirilerek yapılabilmekte ve daha sonra çeşitli yazılımlar ile optimize edilerek son boyutlarına ulaştırılmaktadır.

Verimli ve hacim olarak küçük bir alternatör elde etmek için yapılan simülasyonlar tek başına yeterli olmamakta ve sonuçta beklenmedik durumlar ortaya çıkartabilmektedir. Bu yüzden gerçekleştirilecek olan manyetik simülasyonlarla birlikte alternatöre ait analitik hesaplamaların da dikkatli bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Doğrudan sürüslü rüzgâr uygulamalarında yüksek moment ve düşük hız ihtiyacı vardır. Bu sebeple yüksek manyetik akı yoğunluğuna sahip mıknatıslar kullanılacak (NdFeB), çok kutuplu, iç rotorlu bir tasarım öngörülmüştür. Ayrıca generatörün üretim, montaj ve kanat bağlantıları kolaylığı sebebiyle iç rotorlu konfigürasyon tercih edilmiştir. Bu konfigürasyon ısının oluştuğu sargılar dışarda kaldığından soğutma içinde uygundur.

Dönen bir elektrik makinasının tasarımına, bazı temel özellikleri tanımlayarak başlanabilir, bunların en önemlileri şunlardır:

- ❖ Makine tipi (Senkron, Asenkron, DC, Relüktans Makine vb.)
- ❖ Yapısı (Harici kutuplu, dahili kutuplu, eksenel veya radyal akılı vb.)
- ❖ Nominal güç
- ❖ Elektrik motorları için mil çıkış gücü (W)
- ❖ Senkron motorlar için güç faktörü
- ❖ İndüksiyon ve DC generatörler için elektrik çıkış gücü(W)
- ❖ Senkron generatörler için görünür güç(VA) ve güç faktörü
- ❖ Nominal hız ve açısal hız
- ❖ Makinanın kutup çifti sayısı
- ❖ Anma gerilimi
- ❖ Faz sayısı
- ❖ Makinanın muhafaza sınıfı ve yapısı
- ❖ Verimlilik gibi ek bilgiler
- ❖ Makine tasarımında uygulanan standartlar
- ❖ Maliyeti
- ❖ Üretilirliği,

Elektrik makinaları tasarımında önemli serbest parametreler vardır. Tasarımda optimal çözüm amaçlandığında, bu serbest parametrelerin bazıları bir şekilde sınırlandırılmadıkça, çözüm son derece karmaşık hale gelir. Birçok serbest parametre nadiren değişir, bu yüzden çözümü basitleştirmek için bu parametreler sabit alınır. 10 serbest parametre aşağıdaki gibi verilebilir;

- ❖ Stator gövdesinin dış çapı (IEC-(International Electrical Commission) standartlarına göre bu parametre genellikle belirli değerlere sabitlenir),
- ❖ Stator gövde uzunluğu,
- ❖ Stator oluk genişliği,
- ❖ Stator oluk yüksekliği,
- ❖ Hava aralığı çapı,
- ❖ Hava aralığı uzunluğu,
- ❖ Hava aralığı akı yoğunluğunun tepe değeri,
- ❖ Çift kutup sayısı ve frekans,
- ❖ Rotor oluk genişliği ve yüksekliği

Gerçek makine tasarımı, makinenin ana boyutlarının seçimi ile başlar. Bu ana boyutlar, stator oluğundan ölçülen hava aralığı çapı D_s ve eşdeğer nüve uzunluğunu l' işaret eder. Elektrik makinaları tasarımında akım ve akı yoğunluğu değişim aralıklarında bazı ampirik tanımlamalar vardır. Tablo 2 ve Tablo 3 iyi tasarlanan standart elektrik makinaları için bazı elektromanyetik yüklenme değerlerini vermektedir. İzin verilen yüklenme seviyeleri, bir makinanın soğutma ve izolasyon tasarım temeli için tanımlanır. Tablodaki değerler makine parametrelerin seçimi ile ilgili bazı ampirik bilgiler verir. Prensipde makinanın tasarımı, ilk olarak makinanın başlangıç değerlerinin seçildiği oldukça karmaşık iterasyon sürecidir.

KM makinalar için, günümüzdeki mıknatısların sınırlı artık mıknatıslığı ve mıknatıslığı giderme kapasitesinden dolayı senkron makinalar için Tablo 2'de verilen değer aralığının yarısından düşük değerler seçebiliriz.

Tablo 2. Çeşitli standart elektrik makinaları için manyetik devrenin izin verilen akı yoğunluğu

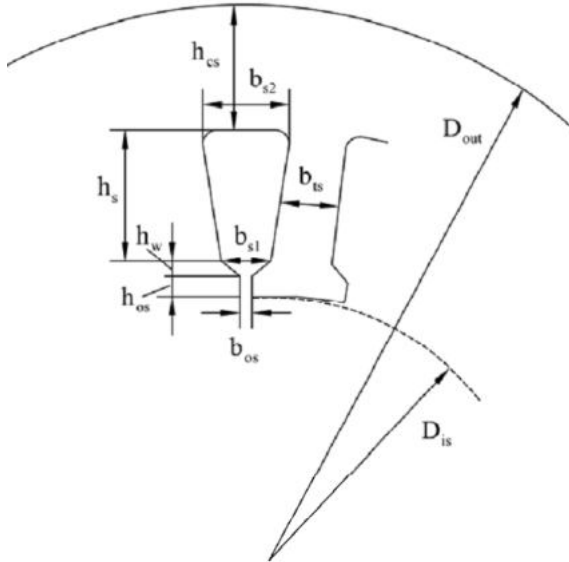
Akı Yoğunluğu $B(T)$				
Parametre	Asenkron Makinalar	Çıkıntılı Kutuplu SM	Çıkıntısız Kutuplu SM	DC Makinalar
Hava aralığı	0,7--0,9	0,85--1,05	0,8--1,05	0,6--1,1
Stator boyunduruğu	1,4--1,7	1,0--1,5	1,1--1,5	1,1--1,5
Stator dişi	1,4--2,1	1,6--2,0	1,5--2,0	1,6--2,0
Rotor boyunduruğu	1,0--1,6	1,0--1,5	1,3--1,6	1,0--1,5

Tablo 3'e baktığımızda, oluk boyutları arttığında seçilecek değerler küçük oluklulara göre düşük olmalıdır. Bu yüzden küçük akım yoğunluğu(J) büyük makinalar için ve büyük akım yoğunluğu ise küçük makinalar içindir. Buna rağmen, küçük doğrusal akım yoğunluğu(A) küçük makinalar için, büyük doğrusal akım yoğunluğu ise büyük makinalar içindir. Eğer KMSM'yi kesirli sargı ve geniş oluklardan imal ediyorsanız, tabloda belirtilen uygun değerler bu durumda geçerli olacaktır.

Tablo 3. Çeşitli makinalar için izin verilen etkin J ve A değerleri

Parametre	Asenkron Makinalar	Çıkıntılı Kutuplu SM veya KMSM	DC Makinalar
Spesifik Elektriksel Yüklenme- $A(kA/m)$	30-65	35-65	25-65
Spesifik Manyetik Yüklenme- $B_g(T)$	0,7-0,9	0,85-1,05	0,6-1,1
Armatür Sargısı Akım Yoğunluğu- $J (A/mm^2)$	3-8	4-6,5	4-9

Tasarlanan generatörün nominal gücü Tablo 1’de de verildiği gibi 60 KW olacaktır. Bu gücü 90 d/dk nominal hızında elde edilecektir. Ancak KMSM değişken hızlarda da güç üretebildiği için bu hızında altındaki rüzgâr hızında güç üretebilecektir. Generatörün çıkış gerilimi 690 V olacaktır. Generatör doğrudan tahrikli (direct drive) olduğu için üreteceği tork maksimum olacaktır. Ayrıca düşük rüzgâr hızlarında da gerilim endüklenebilmesi için ataletin ve tutma torkunun minimum olması gerekir. Şekil 5’te iç rotorlu bir KMSG’e ait çizim ve kesit görünümü verilmiştir.



Şekil 4 – İç Rotorlu KMSG yapısı ve temel boyutlandırma parametreleri

Boyutlandırma çalışmalarının sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi için belirli bir analitik yöntemin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu konuda dikkat edilmesi gereken en önemli parametreler çıkış

eşitliklerinin ve performans denklemlerinin gerçekleştirilmesinde sıklıkla karşılaşılan stator ve rotor çap boyutları ile makina uzunluğudur. Bunun dışında kalan boyutlar sargı çalışmaları kapsamında performans göz önünde bulundurularak parametrik çözümler ışığında elde edilebilmektedir.

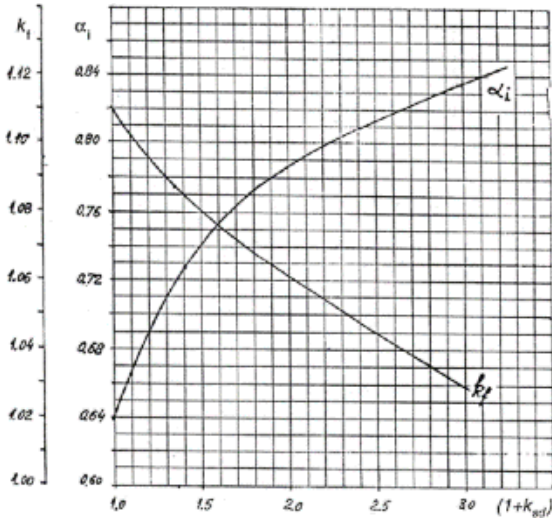
İyi tasarlanmış bir elektrikli makinenin makine sabiti C de makinenin rotor boyutu tasarımındaki gibi benzer bir temel ile elde edilebilir. C sabiti makinenin rotor hacmi ile verilen iç görünür S_i gücü veya aktif gücü P_i ifade eder. Bu gücü etkileyen diğer bir sabit ise $D_{is}^2.L$ çarpımıdır. Gerçek makine tasarımı, makinenin ana boyutları, stator iç çapı veya hava aralığı çapı (D_{is}) ve eşdeğer nüve uzunluğunu (L)'nin seçimi ile başlar. Bu seçimi yapabilmek için makinanın gücü ve performansı ile $D_{is}^2.L$ arasındaki ilişkiyi açıklamak gerekir. Buna makinanın hava aralığı görünür gücünü S_{gap} hesaplayarak başlayabiliriz.

$$S_{gap} = mE_f I_a \quad (1)$$

I_a stator faz akımının ve fazın mıknatıslanma endüktansı L_m üzerinde indüklenen emk'in E_f kullanılması ile senkron hızda $n_s = f/p$ dönen makinanın görünür gücünü elde ederiz. Hava aralığı kutup akısının bir fonksiyonu olarak indüklenen emk'yi yazacak olursak;

$$E_f = \pi\sqrt{2}fk_f K_{w1} W_1 \Phi_f = k_E n_s \quad (2)$$

Burada W_1 faz başına spir sayısı, K_{w1} sargı faktörü, Φ_f kutup akısı, k_E emk sabiti, n_s saniyedeki devir sayısı ve k_f Şekil 5'de görüldüğü gibi 1.02-1.11 değer aralığında form faktörüdür. Form faktörünü belirleyici olan parametre dışteki manyetik akı doyum katsayısıdır. Generatör tasarımında kullanılan silikon elektrik sacının doyması istenmediği için bu değeri minimumda tutan bir form faktörü değeri seçmek faydalı olacaktır.



Şekil 5. Dişteki manyetik doyum katsayısına bağlı k_f form faktörü ve α_i şekil faktörü[52]

Faz sargılarına etki eden maksimum akı, kutup yüzeyindeki akı yoğunluğu ile bulunabilir.

$$?_m = \int_{S_p} B_p ds \quad (3)$$

Kutup yayı üzerindeki hava aralığı akı yoğunluğu sinüsoidal bir dağılıma sahipse ve makinenin uzunluğu ile ilgili olarak herhangi bir değişiklik yoksa yüzey integrali aşağıdaki gibi basitleştirilebilir[55].

$$?_m = \int_0^{?_p} B_p \sin \frac{x}{?_p} dx = l_p B_p \alpha \quad (4)$$

Buradaki α B_p bileşkesi hava aralığındaki akı yoğunluğunun ortalama değerini ifade eder. α dişteki manyetik doyum katsayısına bağlı akı yoğunluğu şekil faktörüdür. Sinüsoidal dağılım durumunda $\alpha = 2/\pi$ 'dir. Diğer bir durumda uygun α değeri, kutup yüzeyi boyunca akı yoğunluğunu dahil ederek bulunmalıdır. Örneğin yüzey yerleştirmeli mıknatıslı rotor yapısında hava aralığı akı yoğunluğu dağılımı sinüsoidal değildir. Bu gibi bir durumda hava aralığı akı yoğunluğu için ortalama α değeri bağıl mıknatıs genişliği α_{pm} kullanılarak tanımlanabilir.

Kutup yayı τ_p ,

$$?_p = \frac{D_{is}}{2p_1} \quad (5)$$

Sonuç olarak S_{gap} ,

$$S_{gap} = K_f K_{wl}^2 D_{is}^2 L \frac{n_1}{60} A_1 B_g \quad (6)$$

Doğrusal akım yoğunluğunun etkin değeri (spesifik elektrik yüklenme) A (A/m), KMSM için 35-65 kA/m değer aralığında alınabilir. Diğer bir çalışma ise küçük KMSM için 10-40 kA/m aralığının uygun olacağını belirtmiştir.

$$A_1 = \frac{6W_1 I_{ln}}{D_{is}} \quad (7)$$

Eşitlik 6'dan, hacim yararlanma faktörü (Esson sabiti), makine sabiti ve çıkış katsayısı olarak bilinen katsayıyı belirtirsek C_0 ;

$$C_0 = K_f K_{wl}^2 A_1 B_g = \frac{60S_{gap}}{D_{is}^2 L n_1} \quad (8)$$

Burada B_g , spesifik manyetik yüklenebilirlik olarak da bilinen NdFeB KM senkron makineler için 0.65 - 0.85T değer aralığında ortalama manyetik akı yoğunluğudur. Böylelikle diğer bir önemli katsayı olan $D_{is}^2 \cdot L$ çarpımı aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$D_{is}^2 L = \frac{1}{C_0} \frac{60}{n_1} \frac{K_e P_n}{\cos \theta_{ln}} \quad (9)$$

Burada K_e , çıkış gücünün bir fonksiyonu olarak E_{pm}/V_a oranıdır ve kalıcı mıknatıslı senkron makinada yaklaşık olarak $E_{pm} = 0.9-1.1 V_a$ dır.

Hesaplamalardaki diğer önemli bir adım da bu çarpımın D_{is} ve L bileşenlerine ayrılmasıdır. Literatürde bu bileşenlerin ayrılması için nüve uzunluğu/kutup yayı ve nüve uzunluğu/ hava aralığı çapı (stator iç çapı)[51, 60, 61] gibi çeşitli oranlar kullanılmaktadır. Diğer bir çalışmada ise nüve uzunluğu/ hava aralığı çapı $L=D_{is}/4$ oranı kullanılmıştır.

Bileşenlerin ayrılması için kullanılan λ nüve uzunluğu/kutup yayı oranı,

$$\lambda = \frac{L}{\tau} = \frac{2Lp}{\pi D_{is}}; \quad 0.6 < \lambda < 3.0 \quad (10)$$

Ayrıca farklı elektrik makineleri için nüve uzunluğu/ hava aralığı çapı oranı Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Farklı elektrik makinaları için nüve uzunluğu/ hava aralığı çapı oranı

Asenkron Makina	Senkron Makinalar(p>1)	Senkron Makinalar(p=1)	DA Makinaları
$\chi = \frac{L}{D}$ $= \frac{\pi}{2p} \sqrt[3]{p}$	$\chi = \frac{L}{D} = \frac{\pi}{4p} \sqrt{p}$	$\chi = \frac{L}{D} = 1 - 3$	$\chi = \frac{L}{D} = \frac{0,8 - 1,6}{p}$

Böylelikle stator nüve iç çapı eşitlik (9) ve (10) kullanılarak elde edilebilir.

$$D_{is} = \sqrt[3]{\frac{D_{is}^2 \cdot L \cdot 2p}{\pi \lambda}} = \sqrt[3]{\frac{D_{is}^2 \cdot L}{\chi}} \quad (11)$$

Burada D_{is} genellikle stator iç ve rotor dış çapı olarak kullanılır ($D \approx D_r \approx D_s$). Nüve uzunluğu ise,

$$L = \frac{D_{is}^2 \cdot L}{D_{is}^2} \quad (12)$$

Eşitlikler (11) ve (12) makine tasarımında kullanılan standart eşitliklerdir. Ancak bunlar makinanın toplam hacmini vermek için yeterli değildir. Bunun için stator dış çapını (D_{out}) da belirtmek gerekir;

$$D_o ? D_{is} ? 2(h_s ? h_{cs}) \quad (13)$$

Burada h_s ve h_{cs} şekil 2'de görüldüğü gibi sırasıyla stator oluk derinliği ve stator nüve(oluk harici) yüksekliğidir.

Stator oluk derinliği,

$$h_s = \frac{6W_1 I_n}{\frac{B_g}{B_{ts}} j_{con} K_{fill}} \frac{1}{D_{is}} = \frac{A_1}{\frac{B_g}{B_{ts}} j_{con} K_{fill}} \quad (14)$$

Stator nüve(oluk harici) yüksekliği,

$$h_{cs} = \frac{?}{2LB_{cs}} = \frac{?}{2} \frac{D_{is}}{2p_1} \frac{B_g}{B_{cs}} \quad (15)$$

Burada, B_{ts} , B_{cs} ve B_g sırasıyla stator dişi akı yoğunluğu, stator nüve akı yoğunluğu ve hava aralığı akı yoğunluğudur. J_{con} akım yoğunluğu, K_{fill} ise oluk doluluk faktörüdür. Eksenel veya radyal hava soğutmalı makinalar için akım yoğunluğu 3,5-8 A/mm² aralıkta değişebilir. Spesifik elektrik yüklenme A 35-65 kA/m gibi büyük bir aralık boyunca değişirken oluk yüksekliği ve oluk genişliği oranı, oluk kaçak endüktansını sınırlandırmak için $K_{aspect} = h_s/b_s=3-6$ değer aralığında tutulmalıdır. Oluk derinliğini tekrar düzenlersek,

$$h_s = K_{aspect} b_s = K_{aspect} \frac{D_{is}}{N_s} \frac{b_t}{?} = K_{aspect} \frac{D_{is}}{N_s} \frac{B_g}{B_{ts}} \quad (16)$$

Ayrıca,

$$\frac{D_o}{D_{is}} = 1 + \frac{2K_{aspect}}{N_s} \frac{B_g}{B_{ts}} \frac{i}{2p_1} \frac{B_g}{B_{cs}} \quad (17)$$

Oranı elde edilir ve bu oran eşitlik (18)'de görüldüğü gibi kutup çifti sayısı, oluk derinliği, nüve derinliği, mıknatıs uzunluğu ve oluk sayısının (N_s) bir fonksiyonudur.

$$\lambda_0 = \frac{D_{out}}{D_{is}} = f(h_s h_{cs} L_{pm} D_{is} p N_s) \quad (18)$$

Bu oran, sıcaklık etkilerini, kayıp ve verimlilik gereksinimleri karşılamak için Tablo 5'de verilen değerler uygulanabilir. Fakat çok kutuplu makinalarda bu değerlere yakın değer aralıkları da çıkabilir. Bu farklılıklar esasında teorik ve pratik bilgilerin ya da deneysel sonuçlardan alınan verilerden kaynaklanmaktadır. Verime bağlı olarak gerçekleştirilecek optimizasyon

çalışmalarında dış çap/iç çap oranı analitik hesaplamalardan daha farklı değerler elde edilmesine neden olabilir.

Tablo 5. Stator iç ve dış çap oranı

$2p_1$	2	4	6	8	≥ 10
$\frac{D_{out}}{D_{is}}$	1.65 – 1.69	1.46 – 1.49	1.37 – 1.40	1.27 – 1.30	1.24 – 1.26

3.2.1. Stator oluğunun boyutlandırılması

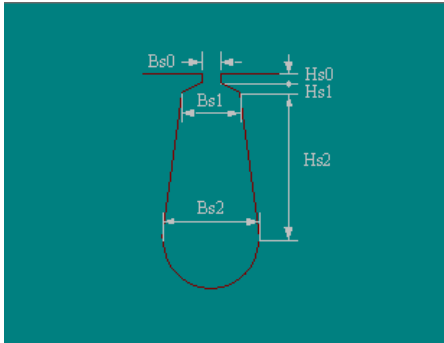
Oluk başına sarım sayısı, tel çapı ve paralel iletkenlerin sayısı ile kullanılabilir oluk alanını, oluk doluluk oranını da dikkate alarak aşağıdaki gibi hesaplayabiliriz.

$$A_s = \frac{\pi d_{c0}^2 a_p Z_s}{4 \times K_{fill}} \quad (19)$$

Hava aralığındaki dış genişliği;

$$b_{ts} = \frac{B_g \tau_s}{B_{ts} K_{Fe}} \quad (20)$$

Burada K_{Fe} istifleme faktörüdür ve değeri 0,5 mm kalınlığındaki saclar için yaklaşık olarak 0,95'dir[52]. Teknolojik sınırlamalardan dolayı dış genişliği $3,5 \times 10^{-3}$ m'nin altında olmamalıdır[52]. Şekil 6'da tercih edilen oluk şekli görülmektedir.



Şekil 6. Stator oluk şekli

Oluk açıklığı B_{so} , oluk açıklığı yüksekliği H_{so} ve kama yüksekliği H_{s1} için literatürde bazı değer aralıkları belirtilmiştir ($B_{so}=2-3$ mm, $H_{so}=0,5-1$ mm, $H_{s1}=1-4$ mm).

$$B_{s1} = \frac{\pi(D_{is} + 2 \times H_{s0} + 2 \times H_{s1})}{X} - b_{ts} \quad (21)$$

Yararlı oluk alanı;

$$A_s = H_{s2} \frac{(B_{s1} + B_{s2})}{2} \quad (22)$$

Oluk alt genişliği;

$$B_{s2} \approx B_{s1} + 2H_{s2} \tan \frac{\pi}{X} \quad (23)$$

Eşitlik (21) ve (23)'den B_{s2} ve H_{s2} hesaplanabilir.

$$B_{s2} = \sqrt{4 \times A_s \times \tan \frac{\pi}{X} + B_{s1}^2} \quad (24)$$

Yararlı oluk yüksekliği;

$$H_{s2} = \frac{2 \times A_s}{B_{s1} + B_{s2}} \times 10^{-3} \quad (25)$$

3.2.2. Mıknatıs kalınlığının hesaplanması

Mıknatıs kalınlığı h_m , hava aralığı akı yoğunluğu B_g , artık mıknatıslanma B_r , gidergenlik alan şiddeti H_c ve mıknatıs bağıl geçirgenliğinin μ_{rrec} bir fonksiyonudur. Sıcaklık arttıkça B_r ve H_c azalır. Yani;

$$B_r = B_{r20} \left[1 + \frac{\alpha_B}{100} (\vartheta_{pm} - 20) \right] \quad (26)$$

$$H_c = H_{c20} \left[1 + \frac{\alpha_H}{100} (\vartheta_{pm} - 20) \right] \quad (27)$$

Burada ϑ_{pm} mıknatıs sıcaklığı B_{r20} ve H_{c20} sırasıyla 20 C° deki kalıcı manyetik akı yoğunluğu ve gidergenlik alan şiddetidir. $\alpha_B = -0,15$ ve $\alpha_H = -0,64$ ise sıcaklık katsayılarıdır[62]. Kullanılacak mıknatısın maksimum çalışma sıcaklığı 150 derece olacaktır. Bu sıcaklık değerinden sonra mıknatıs demagnetize olmaya başlar. Fakat hesaplamalarda nominal yük durumları ve oda sıcaklığındaki durum göz önünde bulundurulmuştur. Motor ve generatör tasarımlarında çalışma sıcaklıkları genelde 75-80 derece alınır.

Bağıl geçirgenlik ifadesi;

$$\mu_{rrec} = \frac{1}{\mu_0} \frac{\Delta B}{\Delta H} \quad (23)$$

Mıknatıs kalınlığı; (yüksüz durumda hava aralığı akısı $B_g = 0,64$, kaçak akı $\sigma_{LM} = 1,15$)

$$h_m = \mu_{rrec} \frac{\sigma_{LM} B_g}{B_r - \sigma_{LM} B_g} g \quad (24)$$

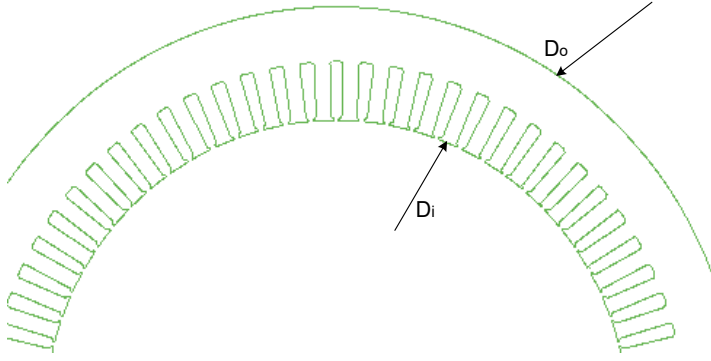
olarak bulunabilir. Mıknatıs kalınlığının uç gerilimine, çıkış gücüne, verime, tutma torkuna ve kayıplara etkisi olduğundan, bir sonraki adımda bütün bu parametreler göz önünde bulundurularak, parametrik analizler ile uygun mıknatıs kalınlığı belirlenecektir.

3.3. RMxprt İle Analiz ve Optimizasyon Süreci

Alternatörlerin maksimum verim almanın en önemli noktalarından biri prototip çalışmalarında gerçekleştirilen karşılaştırmalı çalışmaların çokluğudur. Ne kadar çok simülasyon çalışması gerçekleştirilir ve optimizasyon parametresi kullanılır ise, en iyi sonuca ulaşma ihtimali o kadar çok artar. Motor ve alternatör gibi sistemlerin elektromanyetik analizlerinde birçok program kullanılmaktadır.

Buradan sonra yapılacak işlemler karmaşık ve uzun süren hesaplamalar gerektirdiğinden bu hesaplamalar motor tasarımı konusunda geliştirilmiş bilgisayar yazılımları ile yapılacaktır. Yaklaşık rotor boyutları, oluk ve kutup sayılarının belirlenmesinden sonra RMxprt yazılımı yardımıyla makinenin analitik tasarım ve analizi yapılacaktır. Bu program yardımıyla kullanıcılar rotor tipi, malzeme seçimi, sarım şekli gibi durumları tanımlayabilmekte, program tanımlanan girdiler doğrultusunda makine performansını hesaplamaktadır. Ardından kullanıcı makine boyutları, sarım sayısı, kablo kesiti, kontrol parametreleri gibi değerleri ayarlayarak makine analizini hızlı ve kolayca yapabilmektedir.

Bu adımda, bir önceki bölümde iç rotorlu radyal akılı KMSM'ye ait temel boyutlandırma için gerçekleştirilen analitik hesaplamalar sonucuna göre generatörün RMxprt yazılımı kullanılarak analitik modeli oluşturulmuştur. Bu bölüm, nominal hıza göre kutup sayısının, oluk sayısının, oluk şeklinin, mıknatıs tipinin, stator iç ve dış çapının, stator uzunluğunun, oluk yapısının, sargı adımının, hava aralığı akısının ve iletken katsayısının belirlenmesini içermektedir.



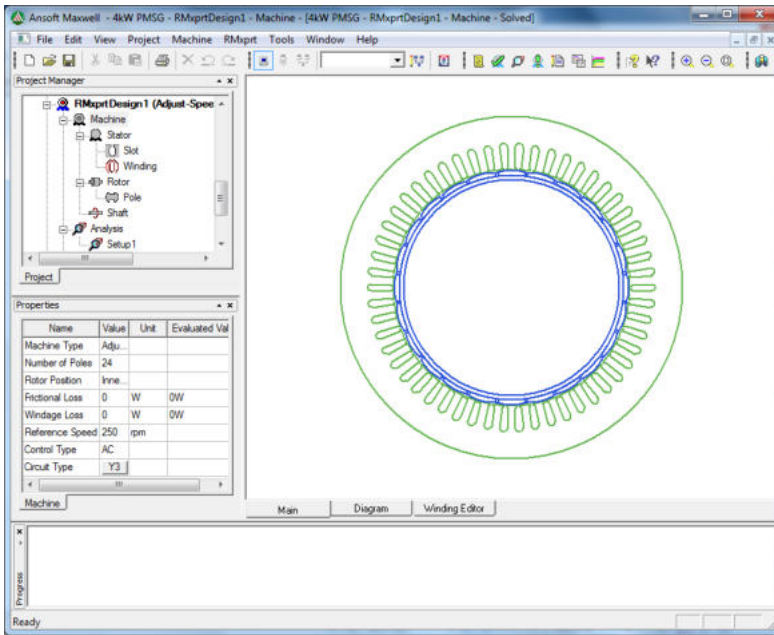
Şekil 7. Generatörün statoruna ait boyutlandırma

Şekil 7’de görüldüğü gibi KMSM’ye ait statorun iç çapı, hava aralığı, mıknatıs kalınlığı ve rotor çapı büyüklüklerinden bulunur. Böylelikle stator iç çapına ait eşitlik;

$$D_i = D_{ro} + 2h_m + 2\delta \quad (25)$$

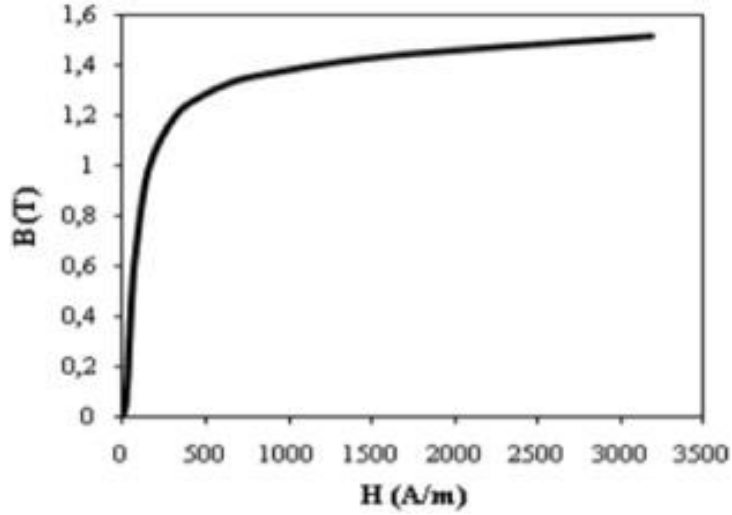
şeklinde elde edilir. Burada D_i stator iç çapı, D_{ro} rotor dış çapı, h_m mıknatıs kalınlığı ve δ hava aralığının uzunluğunu vermektedir.

Generatör modeli analitik hesaplamalar sonucu elde edilen başlangıç parametreleriyle RMXprt yazılımı kullanılarak Şekil 8’de görüldüğü gibi oluşturulmuştur. Hava aralığı küçük güçlü makinalarda 0,25-0,5 mm aralığında, orta güçlü makinalarda 0,5-1 mm ve büyük güçlü makinalarda 3 mm’ye kadar alınabilir. Bu makinede hava aralığı 2.5mm olarak alınmıştır.



Şekil 8. Generatör modeli

Makine tasarımında kullanılacak sac malzemesinin kalitesi verimi ve maliyeti artıran diğer bir faktördür. Bu çalışmada stator sac malzemesi olarak M530-50Asacı tercih edilmiştir. Bu malzemeyi seçmemizdeki diğer bir faktörde ülkemizde rahatlıkla bulunabiliyor olmasıdır.

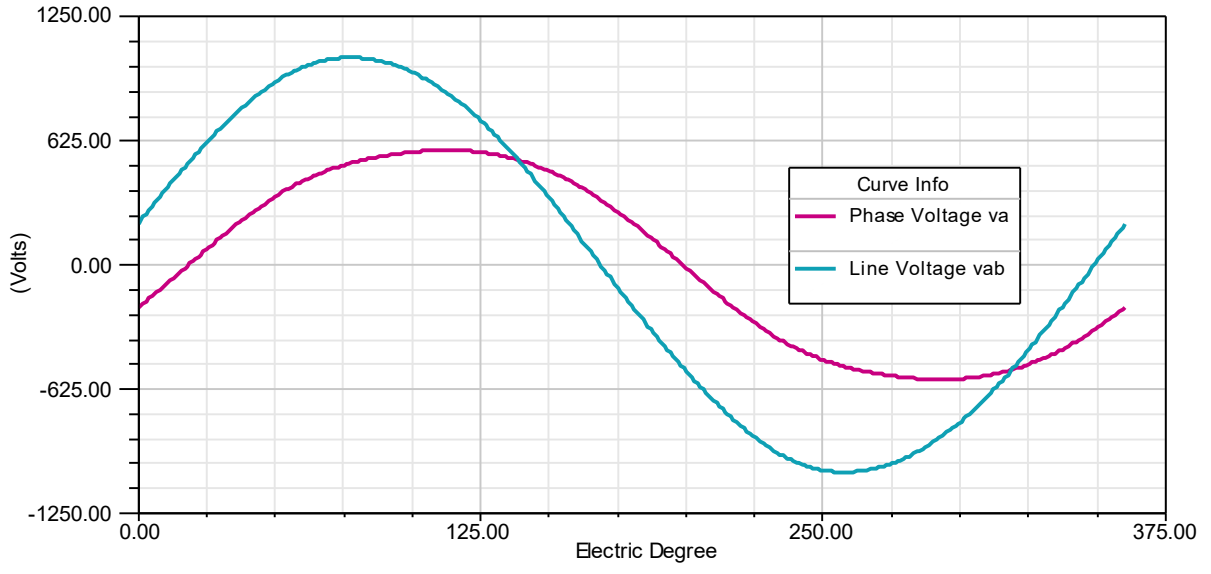


Şekil 9. M530-50A sacı B-H eğrisi

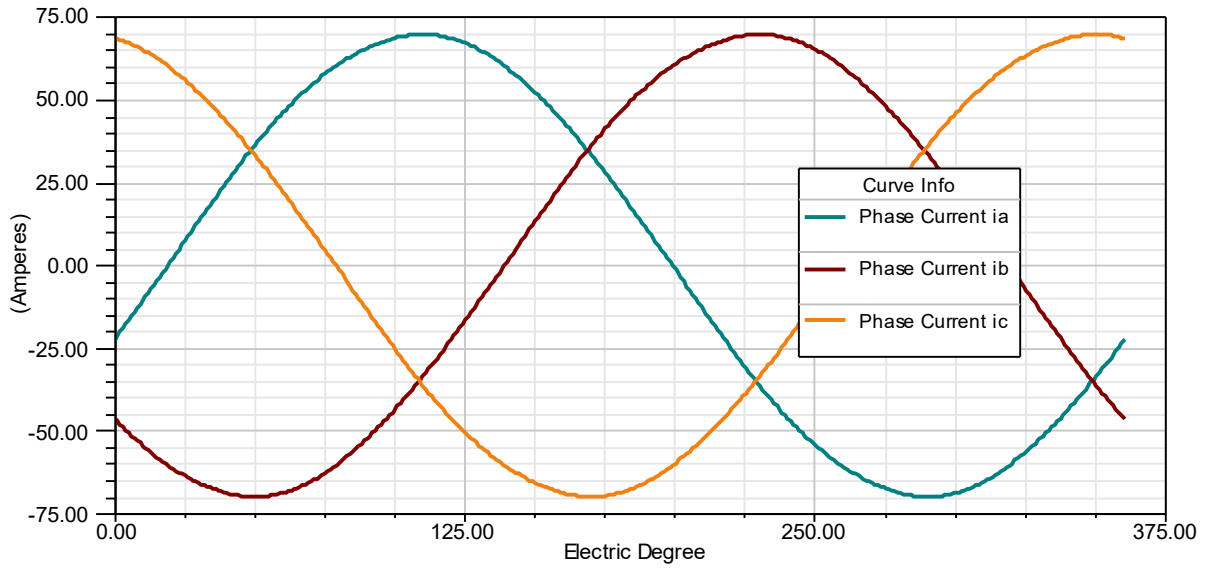
Elektrik makinelerinin nüvelerinde ferromanyetik malzeme kullanılmasının avantajı belirli bir manyeto motor kuvveti ile demir nüve havaya göre çok büyük oranda akı üretmektedir. Eğer üretilen akının uygulanan mmk'e orantılı olması istenirse, nüve doymanın olmadığı doğrusal bölgede çalıştırılmalıdır. Şekil 9'da seçilen sacın B-H eğrisi incelendiğinde akı yoğunluğu 1.6 T değerinden sonra doyum eğrisine doğru ilerlemektedir. Bu değer üstündeki akı yoğunluğu değerlerinde histerisiz kayıpları aşağıdaki eşitlikten de anlaşılacağı gibi artacaktır.

$$P_h = K_h f B_m V \quad (26)$$

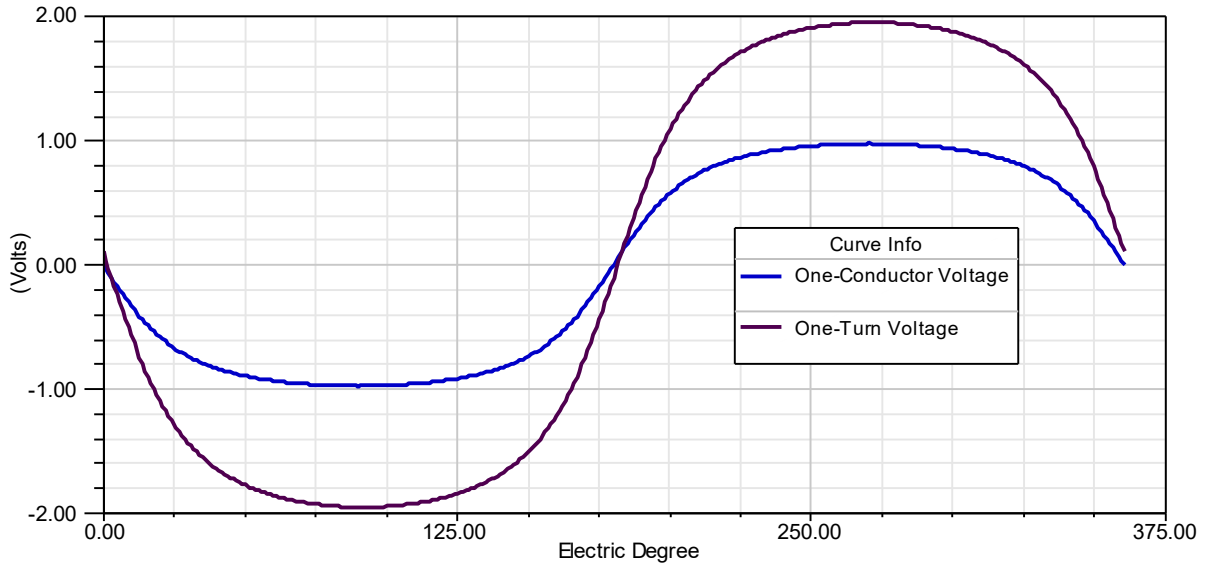
RMxprt'de oluşturulan generatör modeline ait çıkış eğrileri Şekil 10- Şekil 14'de görülmektedir.



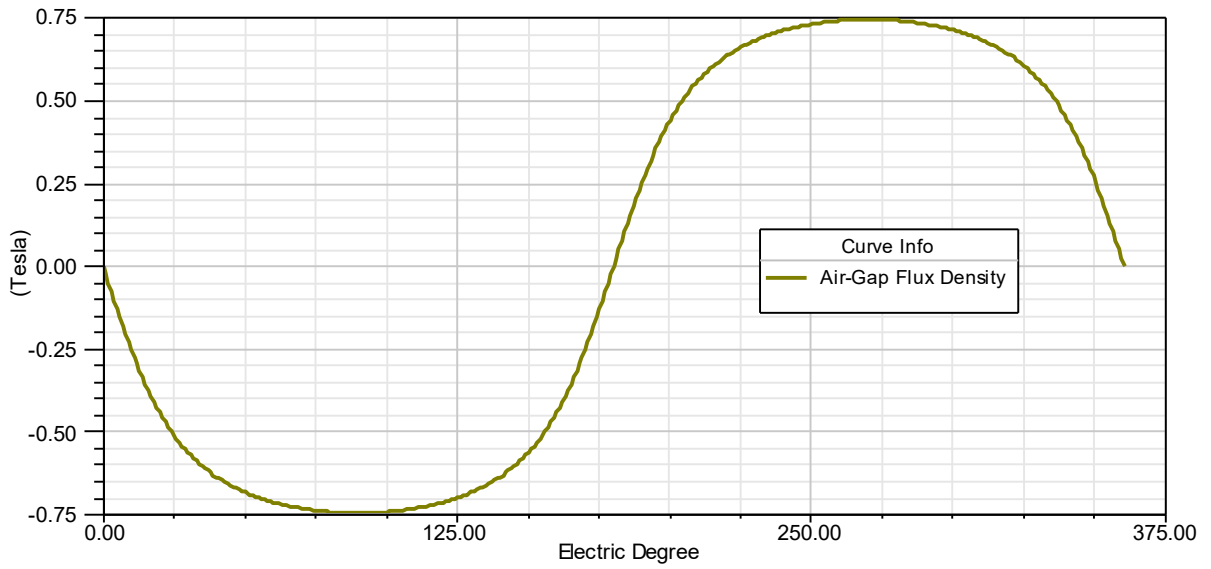
Şekil 10. Elektriksel açığa bağlı olarak generatör 1 fazlı sargı geriliminin değişimi



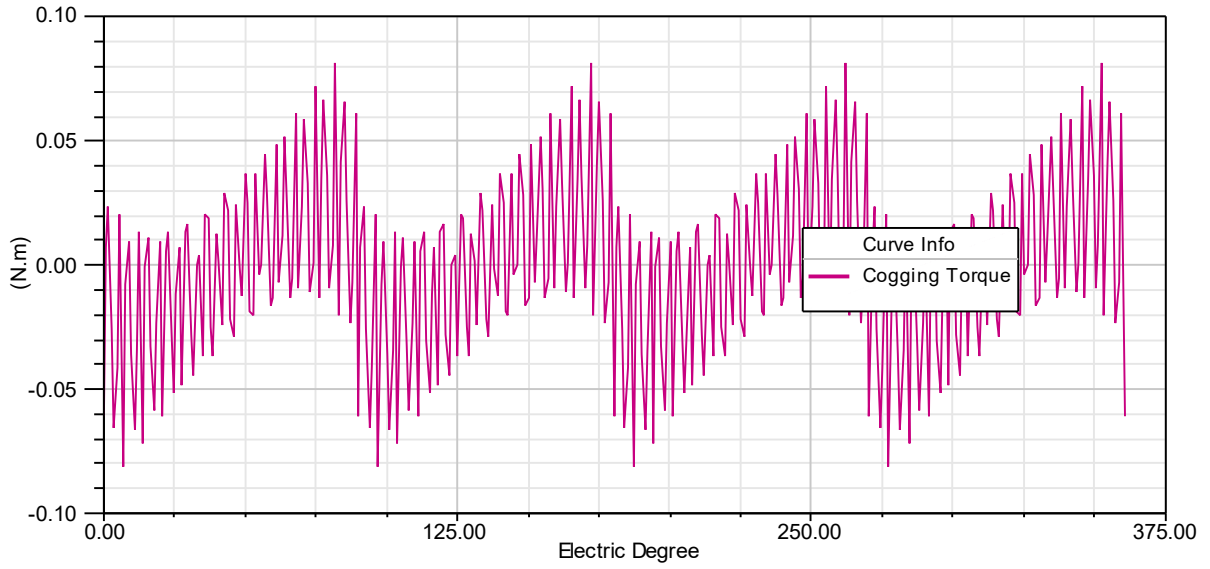
Şekil 11. Elektriksel açığa bağlı olarak generatörün akım grafiği



Şekil 12. Elektriksel açıya bağlı olarak generatör anma hızındayken sargılarda indüklenen gerilimin değişimi



Şekil 13. Hava aralığı akı yoğunluğunun değişim grafiği

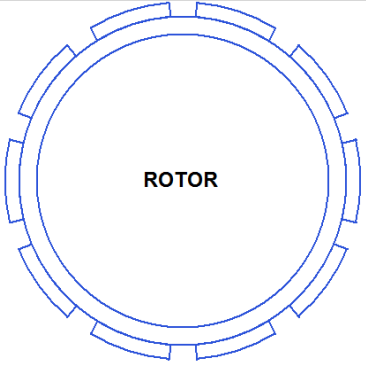


Şekil 14. Elektriksel açığa bağlı olarak oluşan tutma torku

Analitik hesaplamalar sonucu elde edilen temel boyutlandırma ve RMxprt ile gerçekleştirilen tam yük altındaki analiz çalışmaları sonucu elde edilen parametreler Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Generatöre ait tasarım ve çıkış parametreleri

Parametre	Değer	Motor Parçaları
Yük hat gerilimi	735 V	
Hat akımı (rms)	49 A	
Elektriksel yüklenme	45120 A/m	
Stator akım yoğunluğu	8.55 A/mm ²	
Toplam kayıp	375.08 W	
Çıkış gücü	61800 W	
Giriş gücü	67246 W	
Verim (%)	91.9	
Güç faktörü	0.989	
Nominal Tork	7006 Nm	
Stator dış çapı (D _o)	900 mm	
Stator iç çapı (D _i)	820 mm	
Rotor dış çapı (D _{ro})	278 mm	
Rotor iç çapı (D _{ri})	775 mm	
Mıknatis kalınlığı (h _m)	7 mm	
Motor kutup sayısı	78	

Stator oluk sayısı (X)	237	
Faz başına iletken sayısı	54	
Oluk doluluk oranı	%55	
Faz sayısı (m)	3	
Stator saç paketi uzunluğu	300 mm	
Mıknatis açıklığı (Embrace)	0.97	
Mıknatis eğimi (Offset)	330	
Hava aralığı uzunluğu	2.5 mm	

Stator ve rotor boyutlarının belirlenmesinden sonra sarım şekli ve iletken sayılarının belirlenmesi gereklidir. Tasarlanan generatörün kutup sayısı 78, oluk sayısı 237, sargı adımı 3 olarak belirlenmişti. Generatör bir çevirici vasıtasıyla şebekeye bağlandığında, rüzgâr hızı değişken olduğu için generatörün devir sayısı ve buna bağlı olarak ürettiği gerilimin de genliği değişecektir.

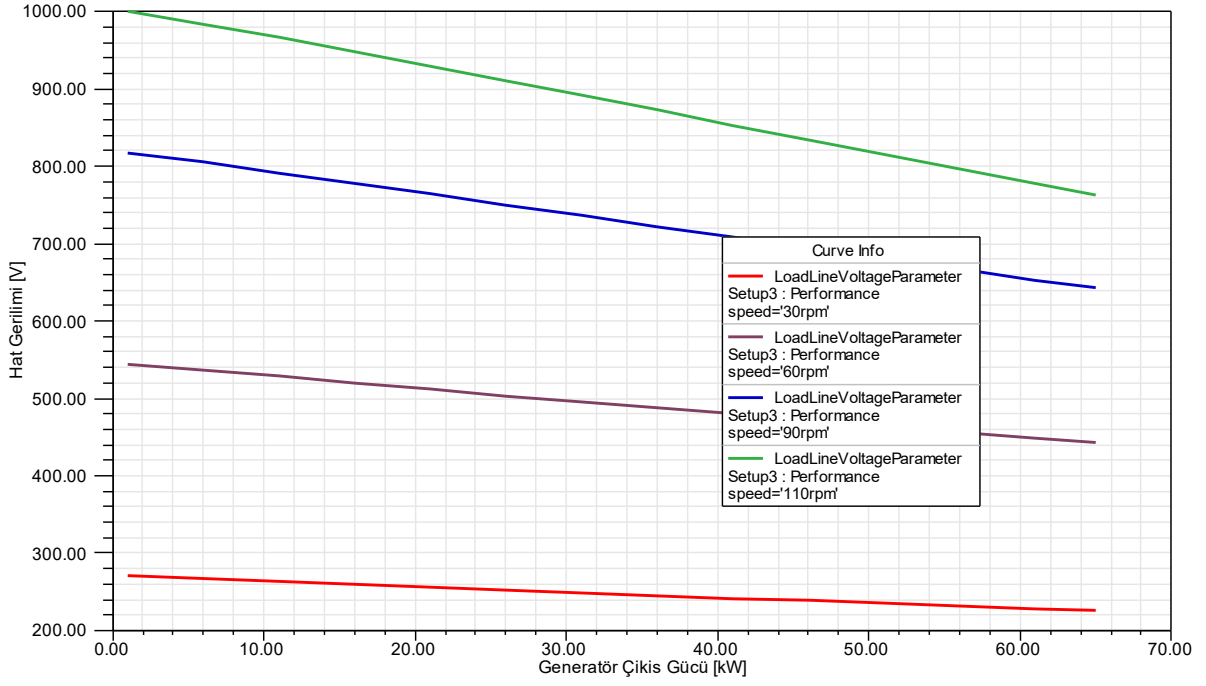
Üç fazlı sargı, aralarında makine içinde uzayda elektriksel olarak 120° faz farkı olan özdeş üç adet bir fazlı sargıdan oluşmaktadır. Şekilde $2p=78$ kutuplu, $X=237$ oluklu ve 237 bobinli üç fazlı sargı bobinlerinin özellikleri Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Statora ait sargı özellikleri

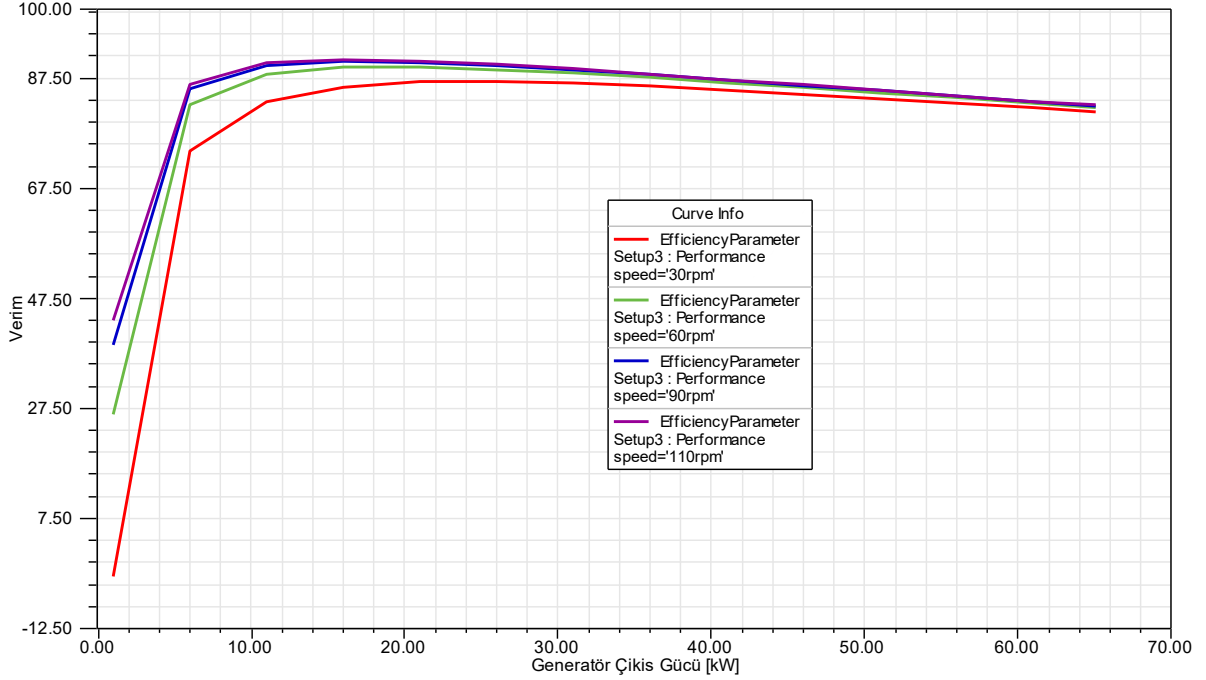
Parametre	Özellik
Tel sayısı	7
Sarım tipi	Tam adımlı
Paralel kol sayısı	1
Sargı adımı	3
İletken kesiti	1.024mm
Oluk başına iletken sayısı	70

3.4. Parametrik Analizler

Oluşturulan modelin farklı hız ve güç (yüklenme) koşullarında verimlilik ve çıkış gerilimi özelliklerini ortaya koymak için parametrik analizlere başvurulmuştur. Şekil 15-16’da generatörün farklı hızlarda güç değişimine bağlı olarak verim ve çıkış gücü parametreleri verilmiştir.



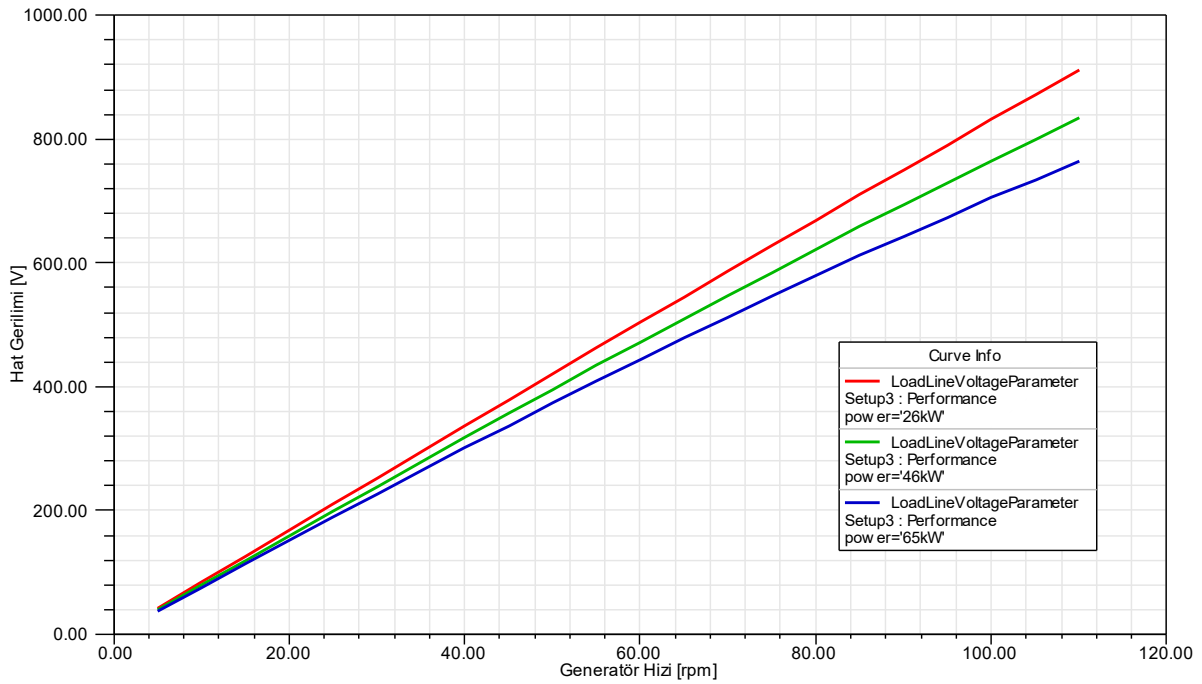
Şekil 15. Farklı mil hızlarında (rüzgâr hızı) generatör gücünün değişimine bağlı olarak hat geriliminin değişimi



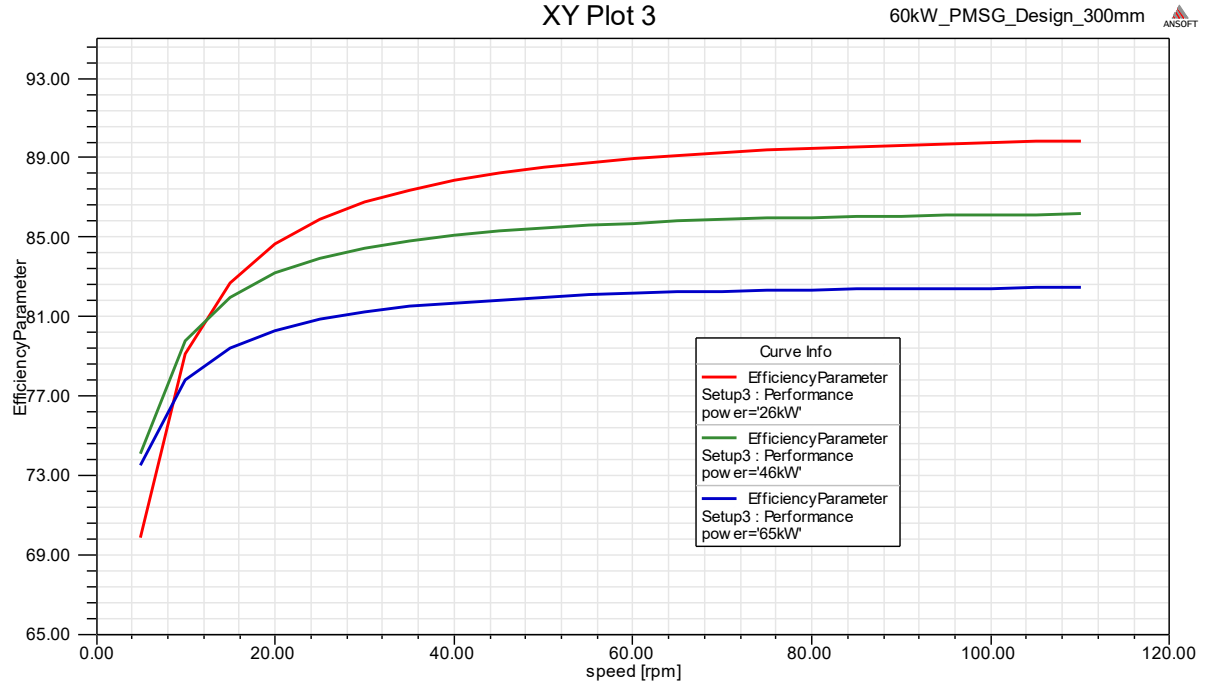
Şekil 16. Farklı mil hızlarında (rüzgâr hızı) generatör gücünün değişimine bağlı olarak verimin değişimi

Şekil 15 incelendiğinde hızın değişiminden bağımsız olarak generatörün yüklendikçe uç geriliminin azaldığı gözlemlenmektedir. Seçilecek kanat tipine (Class II-III) bağlı olarak tasarımın 100 devirde yapılmış olmasına rağmen 60 kW'lık çıkış gücüne yaklaşık 90 devirlerde ulaştığı gözlemlenmektedir. Şekil 16'da ise maksimum generatör veriminin yaklaşık %92 civarında olduğu gözlemlenmektedir. Grafik dikkatlice incelendiğinde farklı hız koşullarında gücün değişimi geniş aralıkta olmasına rağmen generatörün genellikle %80-90 aralığında bir verim yelpazesinde çalıştığı görülmektedir.

Şekil 17-18'de farklı yük koşullarında değişen hıza bağlı olarak yine generatör verimi ile uç gerilimi incelenmiştir.



Şekil 17. Farklı yük durumlarında generatör hızının değişimine bağlı olarak uç geriliminin değişimi

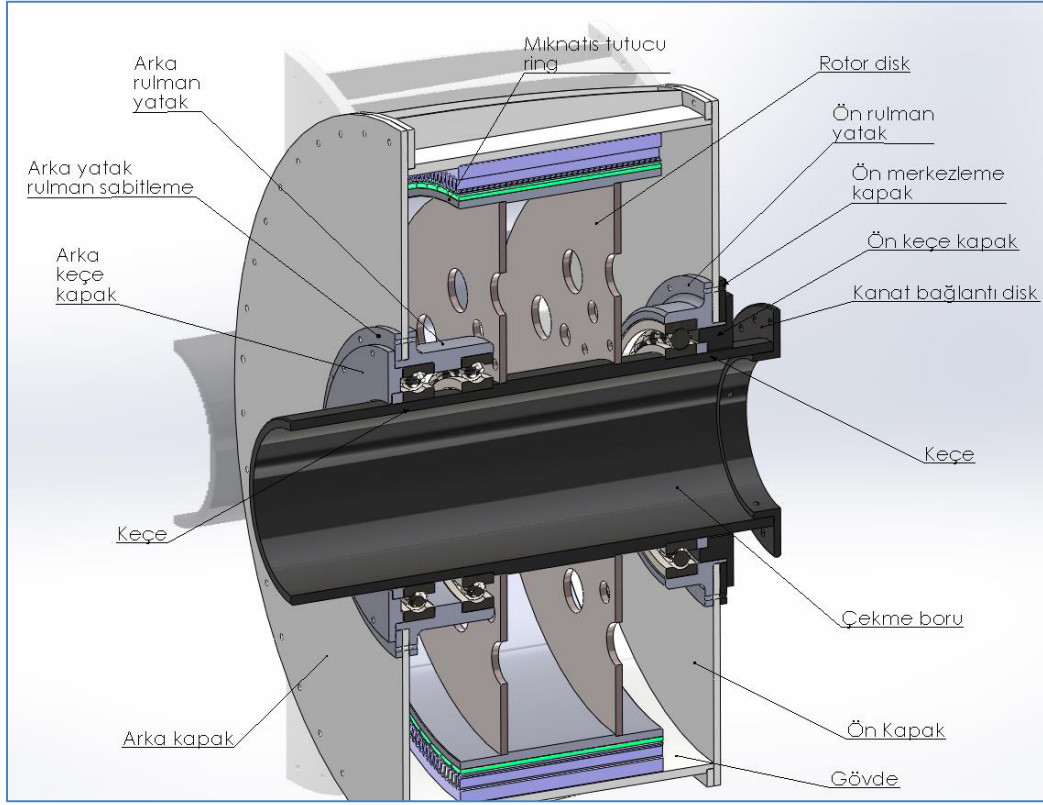


Şekil 18. Farklı yük durumlarında generatör hızının değişimine bağlı olarak verimin değişimi

4. YAPISAL TASARIM ve PROTOTİPLEME

4.1. Stator ve Rotorun Yapısal Tasarımı

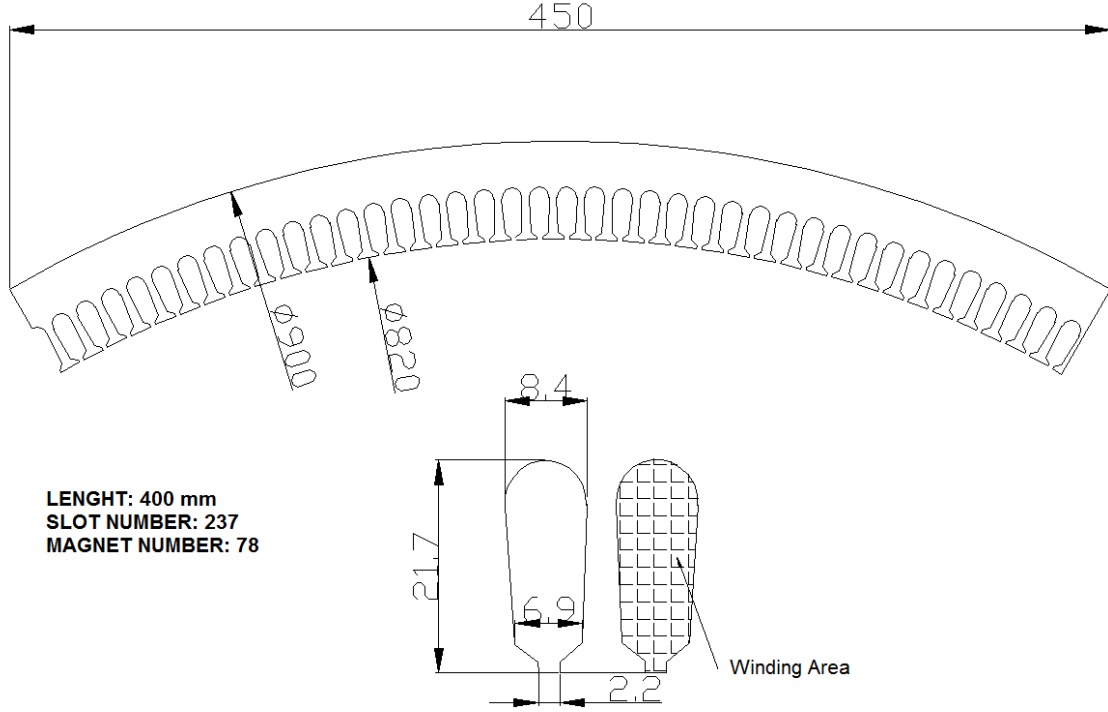
Üretim aşamalarına geçmeden generatörün öncelikle stator ve rotorunun yapısal tasarımının gerçekleştirilmesi ve kullanılması planlanan parçaların yapısal analizlerinin ortaya konması gerekmektedir. Bunun için 3D olarak ANSYS Maxwell'de tasarımı tamamlanan model *.sat uzantısı ile SolidWorks ortamında alınmıştır. Yapısal tasarımlar ve analizler SolidWorks ortamında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 19. Maxwell – SolidWorks aktarılan model

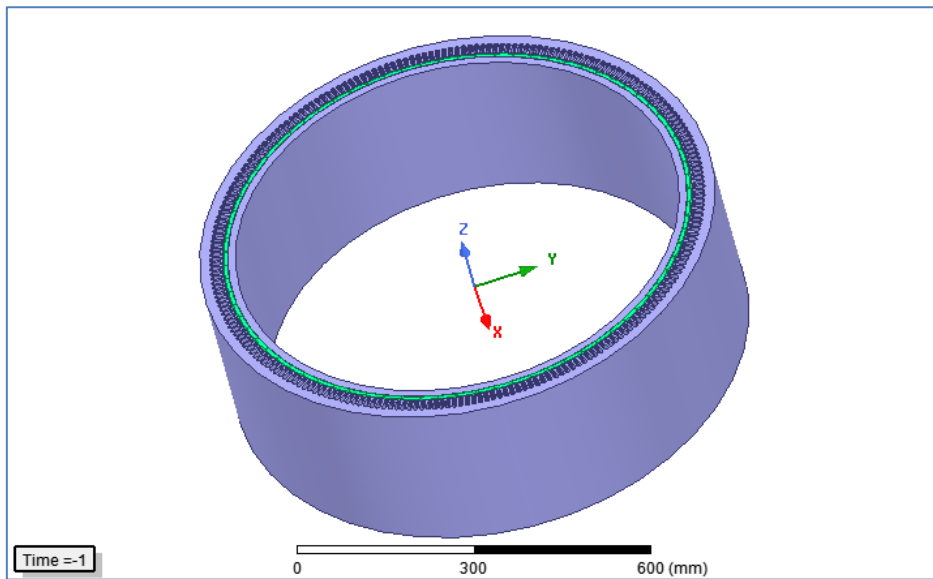
Tasarlanan ve doğrulanan modeller SolidWorks ortamına aktarıldığında Şekil 48'deki gibi görünmektedir. Buna göre rotor malzemesi olarak kullanılacak olan ST-37 çeliğinin kalınlığı da

analitik ve manyetik analizler sonucu bilindiğine göre mekanik tasarıma ve paralel olarak üretime başlanabilir.



Şekil. 20. Stator boyutlandırma

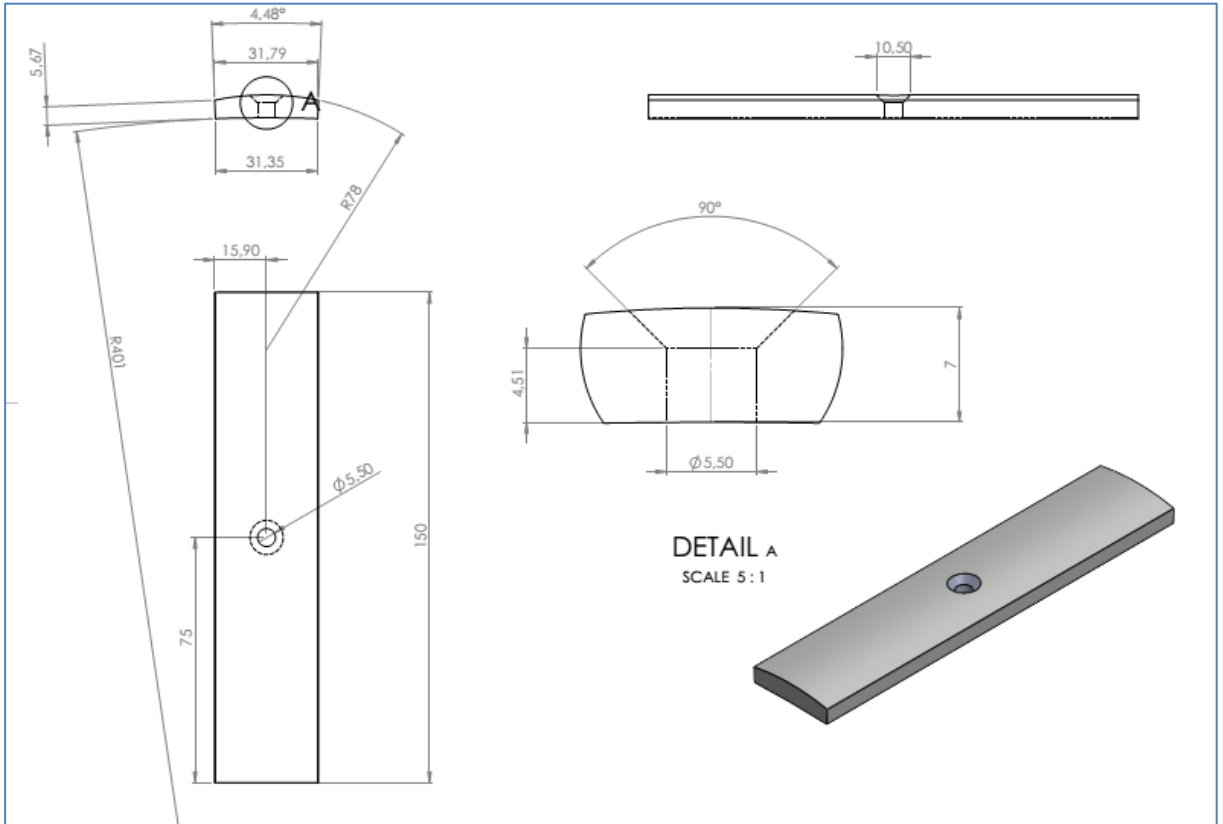
Ortaya konan üretim resimlerine göre hizmet alımı yapılan firma aracılığı ile Şekil 21’de gösterilen stator saclarının üretimi sağlanmıştır.





Şekil 21. Hizmet alımı kapsamında temin edilen stator

Bununla birlikte tasarımı gerçekleştirilen generatörde kullanılacak olan neodyum mıknatısların yurtdışında üretimleri için üretim resimleri çıkartılmış (Şekil 22) ve hizmet alımının gerçekleştirildiği firmaya teslim edilmiştir.



Şekil 22. Mıknatıslarının üretim öncesi çizimleri

Üretim resimlerine göre hizmet alımı yapılan firma aracılığı ile Çin'de mıknatısların üretimi sağlanmıştır.

Generatörün stator sargıları 1 mm'lik iletken ile 7 katlı 5 spir sarılmıştır. Elde edilen akım yoğunluğu yaklaşık 8.55 A/mm^2 'dir. Bu değer orta güçlü makineler için kabul edilebilir bir akım yoğunluk değeridir. Şekil 23'de ise sarımları tamamlanmış generatörün statoru görülmektedir.

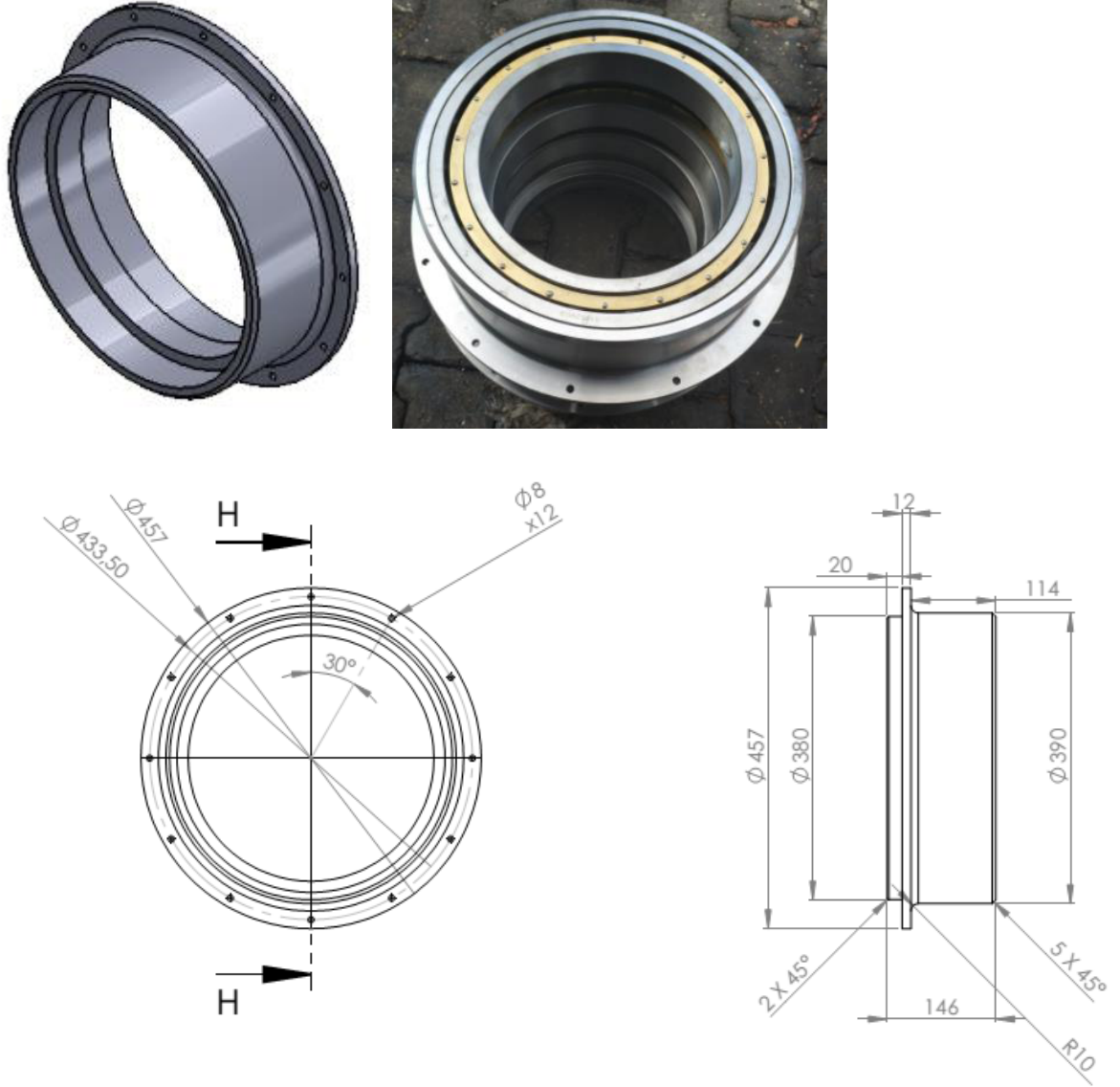


Şekil 23. Sarımı tamamlanan stator

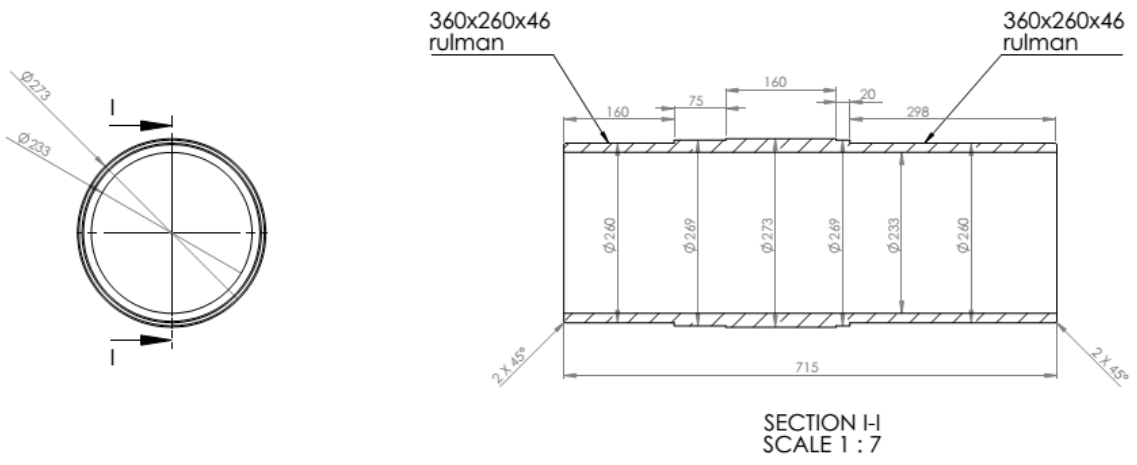
Her ne kadar simülasyonlarda elde edilen sargı sonlarının genişliği bilinse de motor gövde ve kapakları tasarlanmadan önce bu uzunluktan emin olunmalıdır. Bu yüzden dış kapakların tasarımına başlamadan önce sarımın bitirilmesi beklenmiştir.

4.2. Mekanik Gövdenin Yapısal Tasarımı ve Üretimi

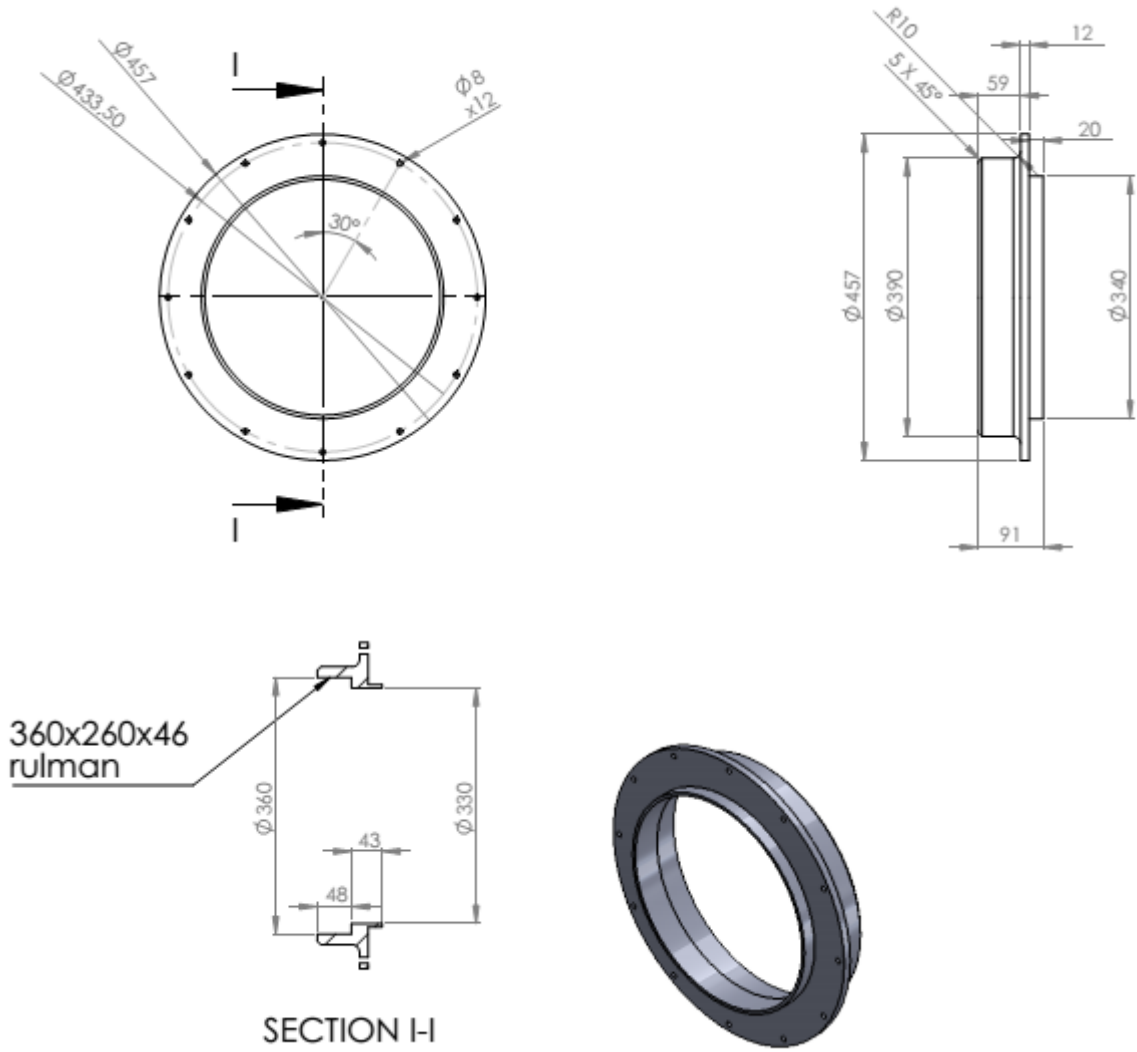
Generatörün stator, rotor ve sargı tasarımının tamamlanmasının ardından mekanik üretim için parçaların tasarımına başlanmıştır. Gerekli optimizasyonların ardından aşağıdaki mekanik parçaların üretimi gerçekleştirilmiştir.



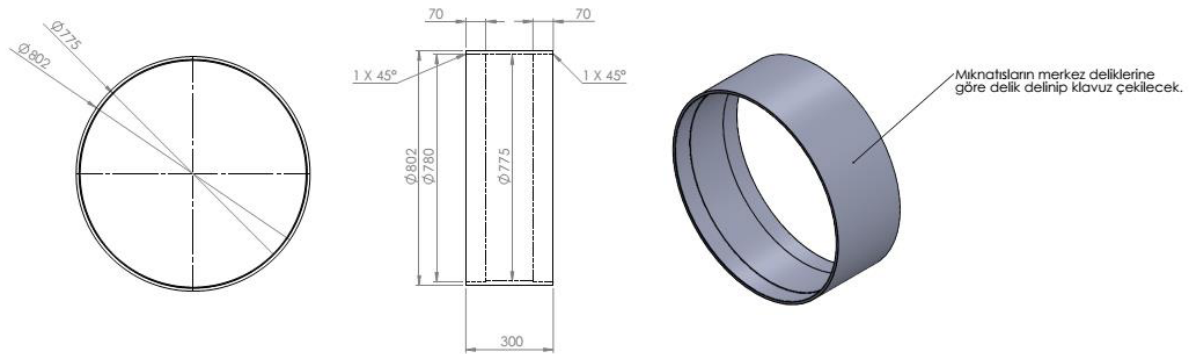
Şekil 24. Arka rulman yatak



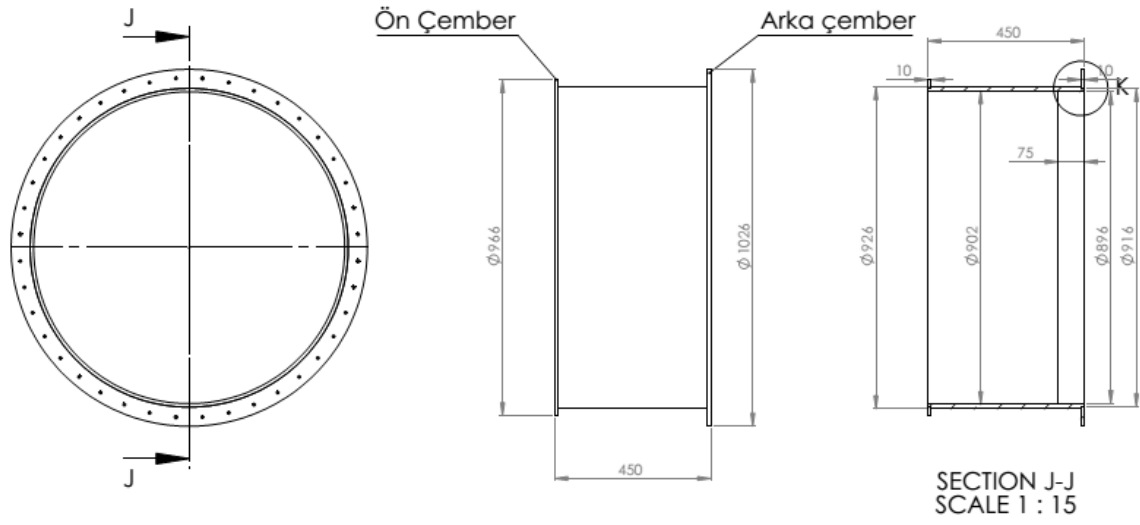
Şekil 25. Ana milin tasarımı



Şekil 26. Ön Rulman yatak



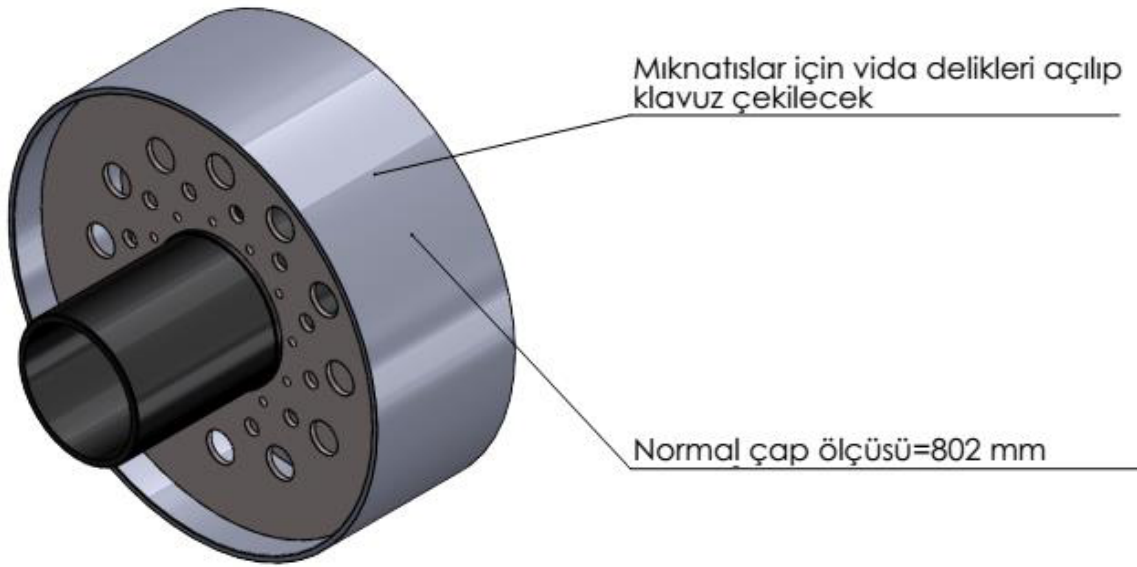
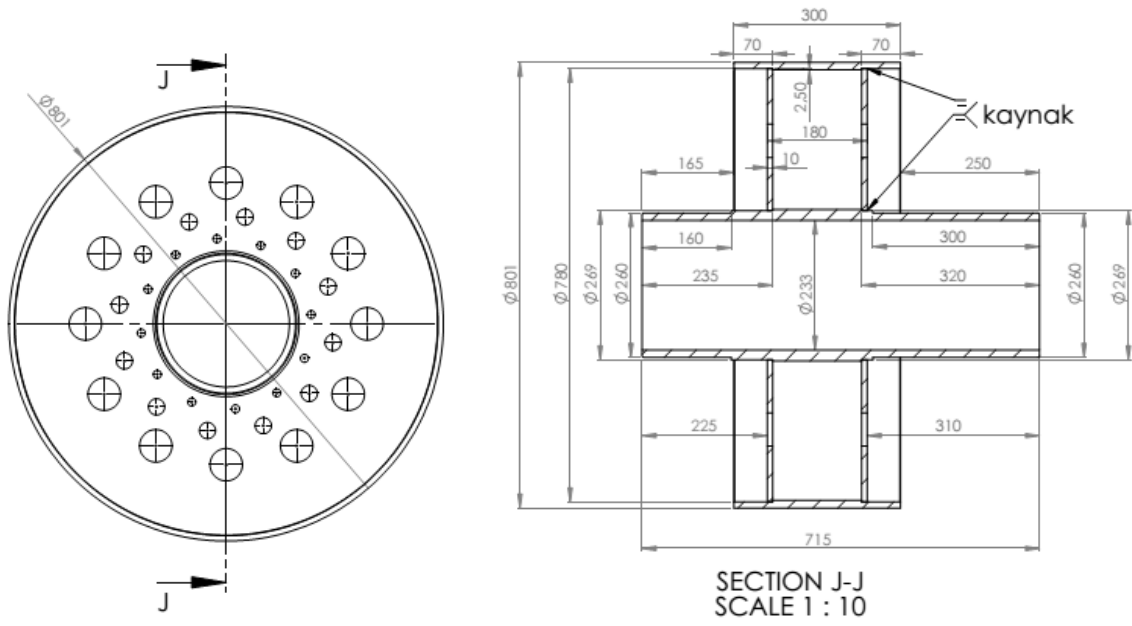
Şekil 27. Mıknatısların yapıştırıldığı yüzey



Çemberler gövdeye kaynatılırken delik hizalarına dikkat edilecek.



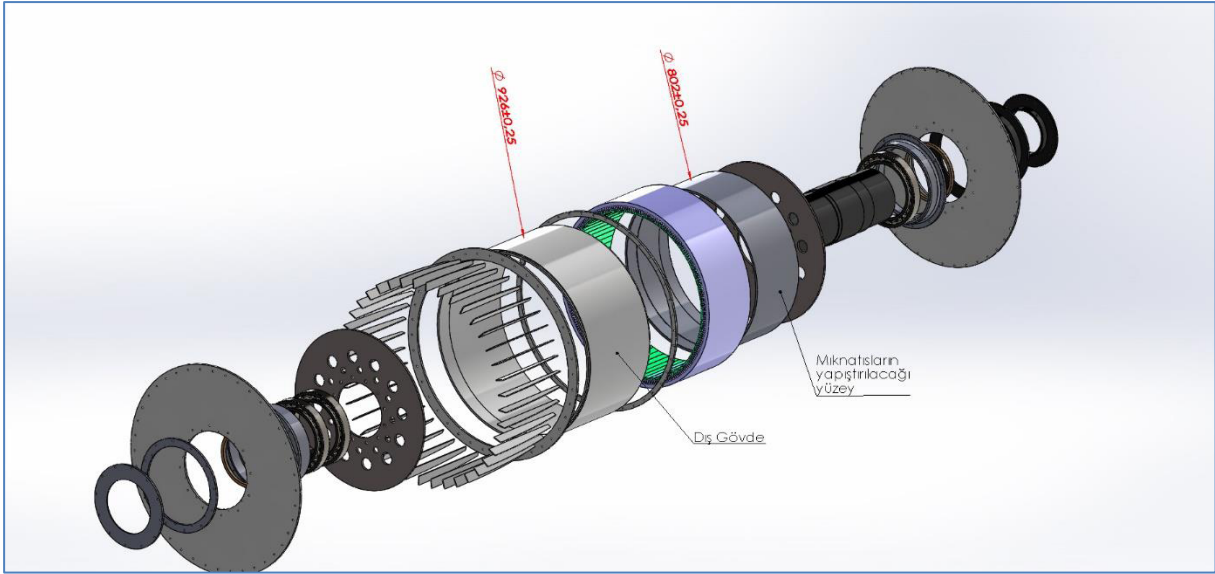
Şekil 28. Tüm sistemi dış ortamdan koruyan gövde



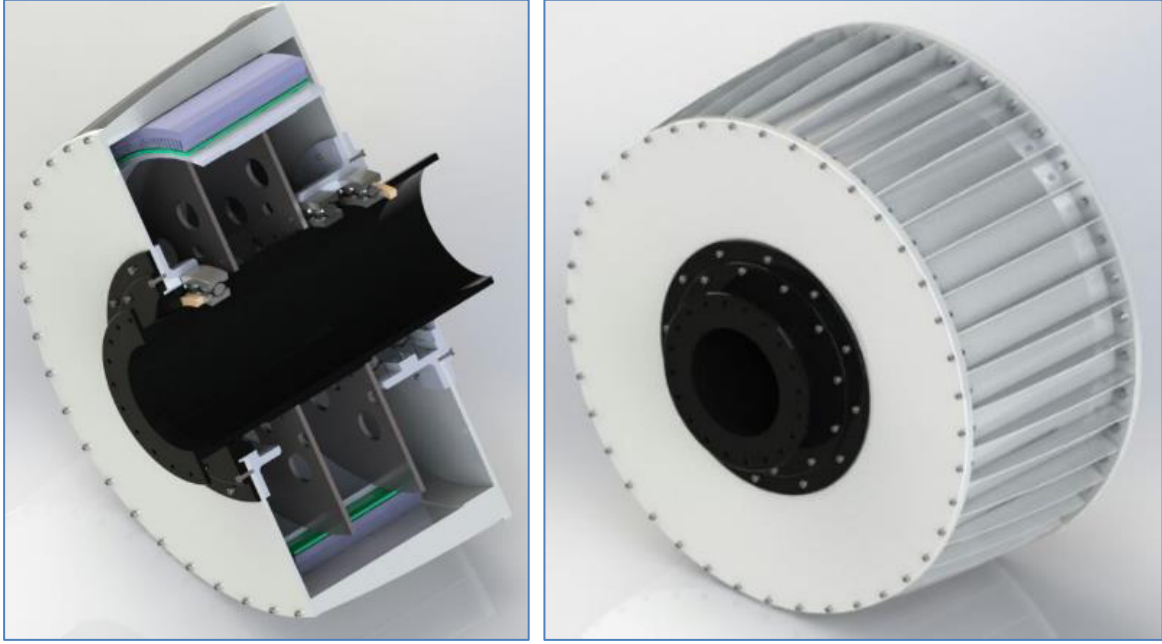
Şekil 29. Mil ve rotor montajı



Şekil 30. Rotor ve mıknatıs birleşimi



Şekil 31. Generatör komple montaj resmi



Şekil 32. Generatör kesit ve tam görünümü



Şekil 33. Üretilen parçalar ve montajdan görüntüler



Şekil 34. Stator ve gövdenin entegrasyonu



Şekil 35. Soğutma finlerinin kaynağı



Şekil 36. Gövde ve kapakların boyanması



Şekil 37. Son montaj

5. Deneysel Çalışmalar

Bu kısımda generatörün testi için kullanılacak olan test düzeneği ve yapılan deneysel çalışmalardan bahsedilecektir.

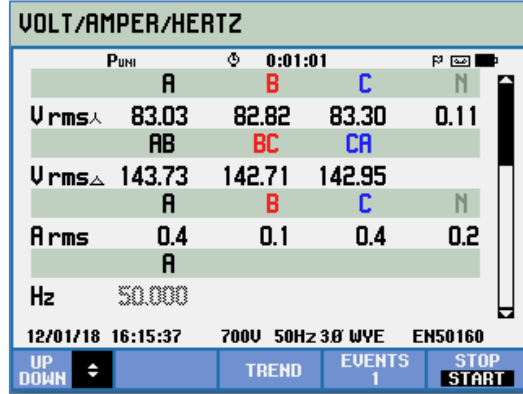


Şekil 38. Test düzeneği

Test düzeneği; hareketlendirici, kablaj ve ölçme elemanlarının bağlantısının gerçekleştirildiği modüllerden oluşmaktadır (Şekil 38). İmkanlar dahilinde generatörün ön testlerinde belirli bir hıza kadar (Anma hızının %15'i) hız kademeli olarak arttırılmış ve generatörün ürettiği gerilim değerleri kayıt altına alınmıştır. Şekil 39'da ölçüm esnasında alınan ekran görüntüleri sunulmaktadır.

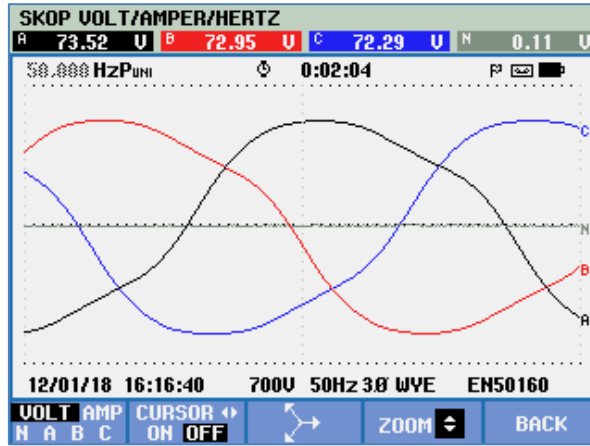


Şekil 39. Enerji analizöründen elde edilen görüntüler



Şekil 40. Generatör boşa çalışma testlerinde elde edilen değerler (~15.5 d/d'da yapılan test)

Belirtilen dönme hızında yapılan testte generatörün fazlar arası geriliminin yaklaşık 143V olduğu ortaya konulmuştur. Anma devri 100 d/d olarak tasarlanan generatörün bu hızda boşa ürettiği gerilim 910 V'tur (simülasyon çalışmaları). Bu şartlar generatör testte $100/15.5 * 143 = 922.5$ V üretmiştir. Bu da sadece %1'lik sapma ile istenen değere ulaşıldığını göstermektedir. Bununla birlikte fazların gayet dengeli olduğu da göze çarpmaktadır. Benzer şekilde skopta elde edilen değerler (~13.5 d/d) şekil 41'de verilmiştir. Bu şartlarda fazlar arası gerilimin $73V * 1.73 = 126.5$ V olduğu izlenmiştir. Bu değer de aynı hızlarda similasyon değerlerine yakındır.



Şekil 41. Generatör boşa çalışma testlerinde elde edilen gerilim dalga şekilleri (~13.5 d/d'da yapılan test)

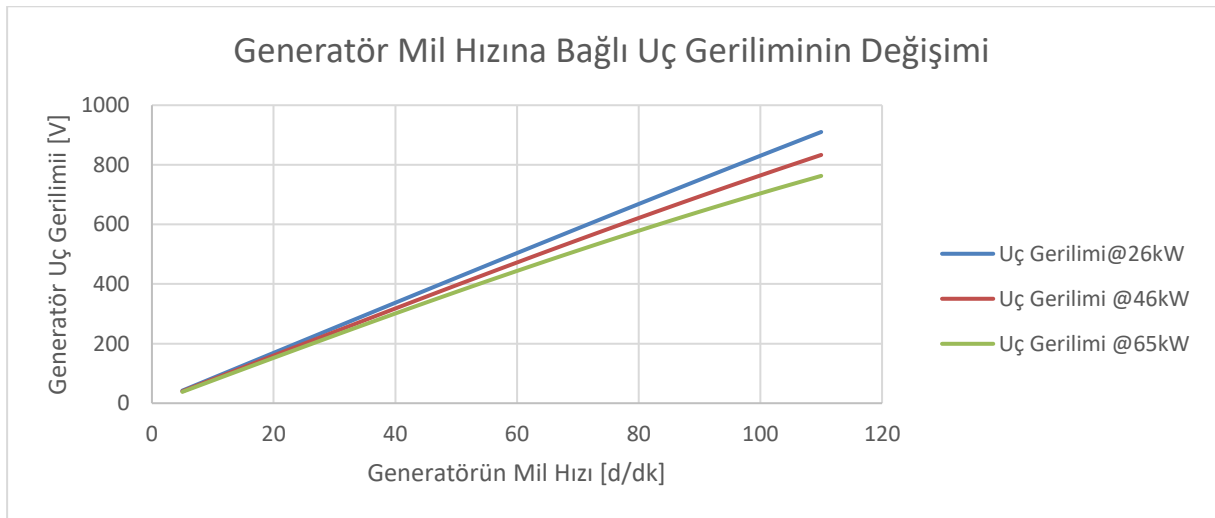
Bununla birlikte generatörün faz sargılarının yalıtkanlık test raporu da sarımı yapan firma tarafından detaylı bir şekilde yapılmış ve Şekil 42'de sunulmuştur.

YAPILAN İŞLEM BİLGİLERİ			MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TUTAR (TL)	KDV'LI TUTAR (TL)
Gönde izolasyon test işlemi			-	-	-	-
Sargılar arası direnç test işlemi			-	-	-	-
500 V.AC	200 M.A	!				
1000 V.AC	500 M.A	!				

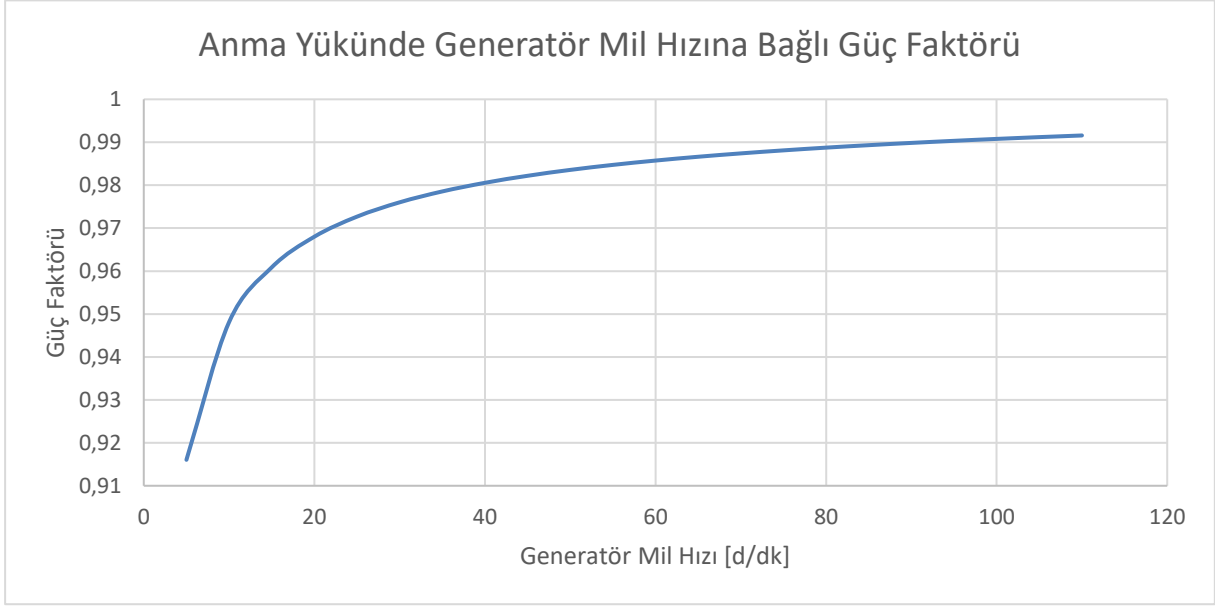
YÜK TEST RAPORU							
YILDIZ ✓	U1 (2.20)	U2 U1 ()	V2 ()	Uygulanan KV/Vük Cinsi	Yükü Akım	Sıcaklık 15 Dk.	MEGGER Isı Sensör Test
	V1 (2.19)	V2 V1 ()	W2 ()	X	30.10 AC A	19 C	DC 1000 V. ○ MÜ
	W1 (2.18)	W2 W1 ()	U2 ()	X	50.17 AC A	19 C	100 V. ○ MÜ
				X	30.2 AC A	19 C	250 V. ○ MÜ
							100 V. ○ MÜ
ÜÇGEN	U1 ()	U2 U1 ()	V2 ()		ACA	C	100 V. ○ MÜ
	V1 ()	V2 V1 ()	W2 ()		ACA	C	100 V. ○ MÜ
	W1 ()	W2 W1 ()	U2 ()		ACA	C	250 V. ○ MÜ
							100 V. ○ MÜ
DAHLENDER	U1 ()	U2 U1 ()	V2 ()		ACA	C	100 V. ○ MÜ
	V1 ()	V2 V1 ()	W2 ()		ACA	C	100 V. ○ MÜ
	W1 ()	W2 W1 ()	U2 ()		ACA	C	250 V. ○ MÜ
							100 V. ○ MÜ
A E	()	C D	()		A.E DCA	C	100 V. ○ MÜ
					C.D DCA	C	100 V. ○ MÜ
Dönen Kolektör		Statik Yastık			Uygulama Gerilimi	DC Akım	250 V. ○ MÜ
MANYETİK FREN TEST İŞLEMİ							
BALANS UYGULAMA İŞLEMİ							
							<input type="checkbox"/> EVET <input type="checkbox"/> HAYIR

Şekil 42. Sargı izolasyon ve yükleme testleri

İmkanlar dahilinde boşta çalışma testleri gerçekleştirilen generatörün çalışmaya bağlı testlerinin gerçekleştirilmesi için redüktör ve 60kW muadil asenkron motor ve frekans konvertörünün kullanılması gerekmektedir. Şu ana kadar gerçekleştirilen ölçümler generatörün aşağıdaki performansı sağlayacağını göstermektedir.



Şekil 43. Generatörün farklı yük koşulları için mil hızına bağlı olarak üreteceği uç gerilimi



Şekil 43. Generatörün anma yükünde mil hızına bağlı olarak güç faktörünün değişimi

6. SONUÇ, TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, şebekeden bağımsız mikro ölçekli rüzgâr türbinleri için uygun bir 60 kW'lık senkron generatör tasarım uygulaması geliştirilmiştir. Analitik KMSG tasarımı ve ilgili optimizasyon yönteminin sonuçları bildirilmiştir. Ayrıca, çıkış gücü, verimlilik, tutma torku ve yük hat gerilimine göre önerilen elektrikli makine yapılandırmasının etkinliği, tasarlanmış ve optimize edilmiş makinenin imalat öncesinde simülasyon ve gerçek yük koşullarının uygunluğunu belirten bütünlük analiz yaklaşımı ile ortaya konmuştur.

Tüm tasarım ve optimizasyon çalışmalarından sonra projenin bir parçası olarak; prototip, test, doğrulama ve ileri analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında, optimize edilmiş makine üzerinde gelecek çalışmalar, stator sargılarında bakır kayıplarının optimizasyonunun yanı sıra sabit mıknatıslarda eddy akım kaybının minimize edilmesi üzerine olacaktır.

Bu çalışmanın gelecekteki hedefi evirici/çevirici de dahil olmak üzere tüm sistemdeki arızalar için tahmin ve tespit mekanizması sunmak olacaktır. KMSG'nin bütünlük RMxprt-SEA modeliyle elde edilen simülasyon sonuçlarını doğrulamak amacıyla önemli verileri almak için veri toplama sistemi kullanılacaktır.