

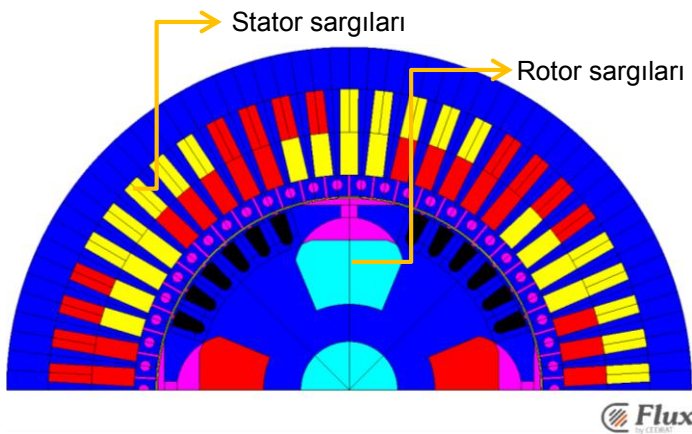
# Flux® 2D SEA ile Senkron Motor d-q Eksen Reaktans Hesabı

Ayşe Barış, Yücel Demir, Metin Aydın

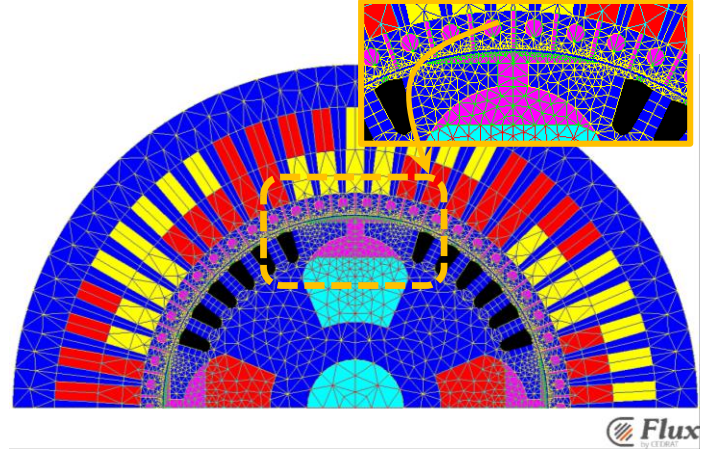
**S**enkron motorlar, hızı kararlı durum altında endü akımının frekansı ile orantılı olarak değişen motorlardır. Günümüzde enerji üretimi ve taşıt uygulamaları gibi bir çok alanda kullanılmaktadır. Bazı istisnalar dışında senkron motorların endü sargıları statorda, alan sargıları ise rotorda yer alır. Senkron motorların statoru AC akımla beslenirken alan sargıları DC akımla beslenir. Bu sayede motorda her iki alan birlikte hareket eder ve rotor hızı her zaman döner manyetik alan hızına eşit olur. Sonlu elemanlar analizi (SEA) yöntemi ile gelişmiş matematiksel denklemler kullanılarak senkron motorların elektromanyetik analizi hızlı ve güvenilir bir şekilde gerçekleştirilebilir.

## Motor Tanımlamaları

Bir elektrik motorunun FLUX 2D ile sonlu elemanlar analizi, geometrik tanımlamalar, fiziksel tanımlamalar, çözüm ve çözüm sonrası işlemler olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilir. Analizi gerçekleştirilen senkron motorun FLUX 2D ile oluşturulmuş geometrisi Şekil 1’de, bu geometriye ait ağ yapısı ise Şekil 2 verilmiştir. Ayrıca senkron motora ait tasarım bilgileri de Tablo 1’de özetlenmiştir.



Şekil 1. Motor modeli görünümü



Şekil 2. Sonlu elemanlar modelinin ağ yapısı

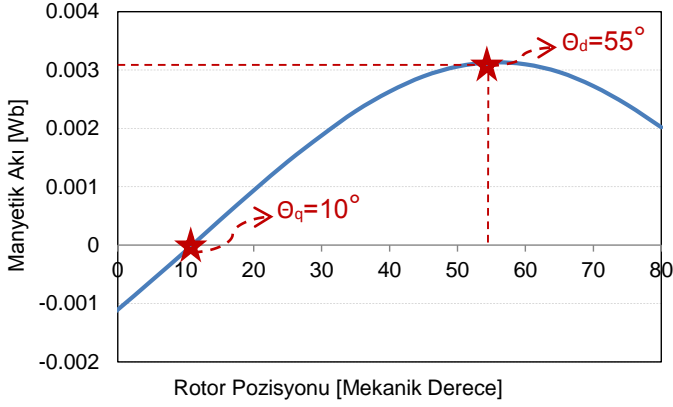
Tablo 1. Motor tasarım bilgileri

Kutup sayısı	4
Faz sayısı	3
Bağlantı şekli	Y
Frekans	50 Hz
Gerilim	220/127 V
Güç	3 kVA
Stator sarım sayısı	108
Rotor sarım sayısı	215

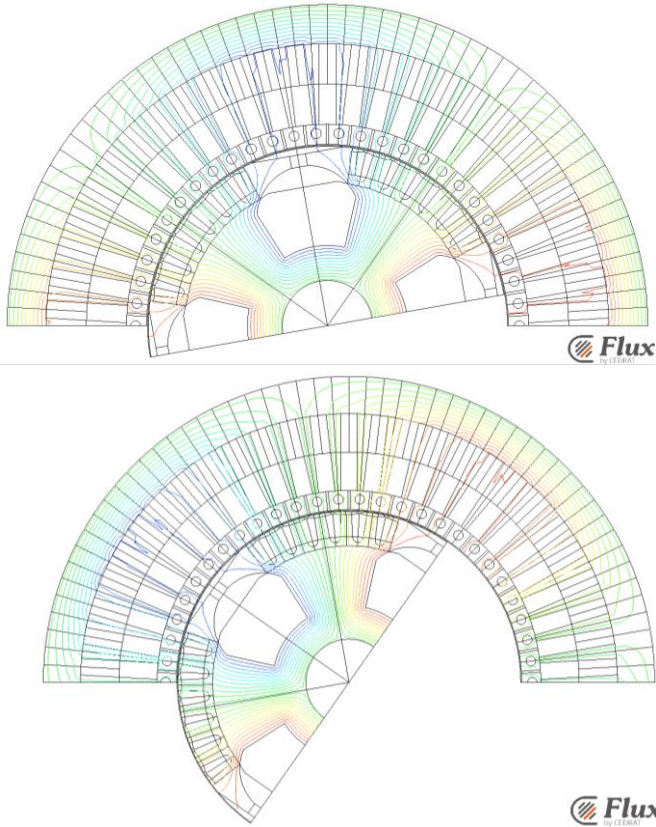
## d-q Eksenlere Karşılık Gelen Rotor Konumlarının Belirlenmesi

Reaktanslar, matematiksel analizde türev ifadesi içeren elemanların AC gerilime karşı gösterdiği direnç olarak değerlendirilebilir. Bu direnç, üreticinin frekansına göre değişmektedir. Motorlarda reaktans  $X = \omega L$  ifadesiyle hesaplanmaktadır. Senkron motorlarda reaktansın yatay ve dikey olmak üzere iki bileşeni mevcuttur. Bu reaktans bileşenlerinin Flux 2D SEA ile hesaplanabilmesi için bu reaktanslara karşılık gelen rotor pozisyonlarının bilinmesi gerekir. Bunun için senkron motor, generatör modunda çalıştırılmalı ve rotor açısı magneto-static simülasyonda parametre olarak kullanılmalıdır. Şekil 3’te motorun

rotor pozisyonuna göre manyetik akının değişimi verilmiştir.



Şekil 3. Rotor pozisyonuna göre manyetik akının değişimi



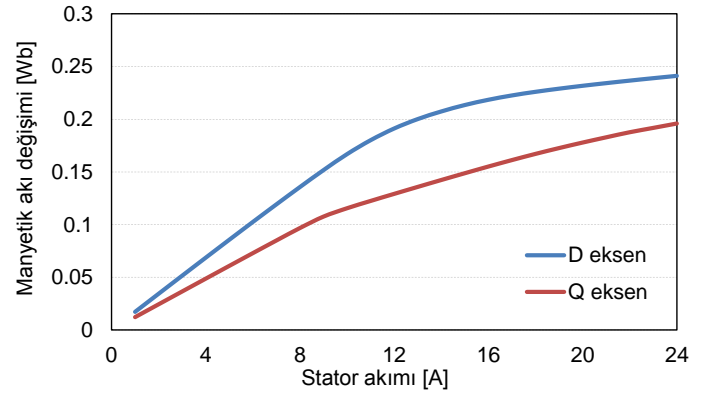
Şekil 4. q ekseninde (rotor pozisyonu = 10°) ve d ekseninde (rotor pozisyonu = 55°) manyetik akı çizgileri

Bu değişime göre q-ekseni akının sıfır olduğu noktada, d-ekseni ise akının maksimum olduğu noktaya karşılık gelmektedir. Bir başka ifadeyle rotör pozisyonunun 10° olduğu nokta q-ekseni, 55° olduğu

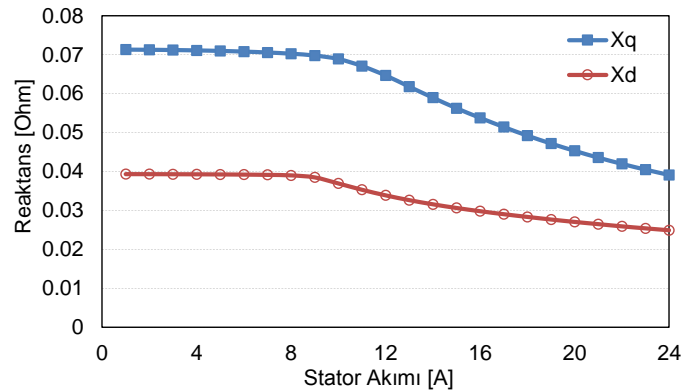
nokta d-eksenidir. D-q eksen akı çizgileri Şekil 4'de gösterilmiştir.

## Stator Akımına Göre $X_d$ ve $X_q$ Reaktans Hesabı

Senkron reaktanslar nominal akım değerine, gerilime ve frekansa göre hesaplanmaktadır. Flux 2D SEA'da gerçekleştirilen analiz ile stator akımına göre d ve q eksenlerinde oluşan manyetik akılar Şekil 5'da,  $X_d$  ve  $X_q$  reaktans değerlerinin değişimi ise Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 5. Stator akımına göre d ve q eksenlerindeki manyetik akı değişimleri



Şekil 6. Stator akımına göre  $X_d$  ve  $X_q$  değerleri

## Özet

Bu çalışma ile FLUX 2D SEA programı ile senkron bir motorun d ve q eksenleri rotör pozisyonuna göre belirlenmiş ve  $X_d$  ve  $X_q$  reaktans değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca bu reaktans bileşenlerinin akıma bağlı değişimleri de bu çalışma ile düşük ve yüksek doyum seviyeleri için incelenmiştir.