

# 1600 kW, 6300V Senkron Motor Uyarma Sisteminin PLC ile Gerçeklenmesi

Okan Kurtkaya  
okankurtkaya@yahoo.com

Hasan Dağ  
dag@elk.itu.edu.tr

*EKA Elektronik Kontrol Aletleri San. ve Tic.  
A.Ş., Dudullu, Ümraniye.*

*İstanbul Teknik Üniversitesi  
Elektrik-Elektronik Fakültesi  
Elektrik Mühendisliği Bölümü*

## Abstract

This work presents a realization of a static field exciter and starter system using PLC for a salient pole, 1600 kW synchronous motor, which has cage windings on the rotor. The principles of starting of the salient pole synchronous motor is explained. The main advantage of using PLC is shown. Finally, the oscillograph output of the starting of the motor is presented.

## Anahtar Kelimeler

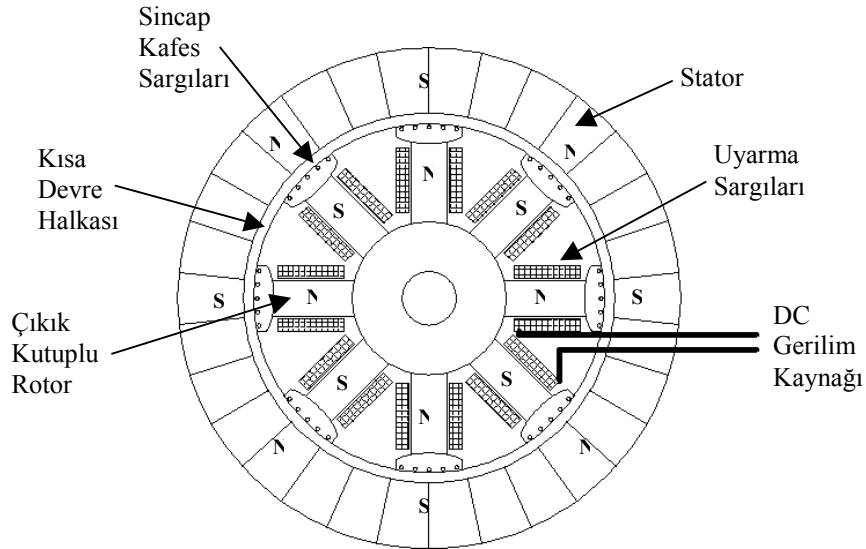
Çıkık Kutuplu Senkron Motor, Yol Verme, Stabilatron, Faz Kontrollü Doğrultucu, PLC.

## 1. Giriş

Büyük güçlü senkron motorlar sabit hız ve moment verdiklerinden dolayı birçok endüstriyel uygulamada kullanılmaktadırlar. Bunun yanı sıra senkron motorların uyarma akım genliği kontrol edilerek endüktif karakterdeki yüklerin şebekeden çektiği reaktif güç dinamik olarak kompanze edilebilir [2].

Çıkık kutuplu damper (amortisör) sargılı senkron motorlara yol vermek için belli bir zamanda alan sargısına sürekli doğru gerilim uygulamak gerekir. Yol verme sırasında stator sargılarına anma gerilimi uygulanan senkron motor rotorunda bulunan damper sargılar yardımıyla asenkron olarak yol alır. Bu sargılar, klasik sincap kafesli asenkron motorlarda olduğu gibi, her iki tarafından kısa devre edilmiş ve rotor yüzeyine gömülmüş bakır sincap kafes çubuklarından oluşur. Motor, senkron altı hıza (yaklaşık senkron hızın %95'i) ulaştıktan sonra uyarma akımı uygulanarak senkron hıza getirilir. Uzun süre senkron altı hızda çalışan motorun hem alan, hem de damper sargılarında aşırı ısınmalar ortaya çıkar. Bu yüzden motorun asenkron çalışması sürekli olarak izlenmeli ve rotor senkron hıza yaklaştığında doğru akım uygulanmalıdır [1-2].

Uyarma akımı, rotor kutuplarına sarılmış olan alan sargılara uygulanır ve genliği sabittir (DC). Motorun kalkışı esnasında, eğer ek tedbirler alınmazsa bu akımın oluşturacağı sabit genlikli rotor manyetik alanı AC stator döner alanını bir şebeke periyodu içinde takip edemez ve motor yol alamaz. Bu durum rotoru her iki yönde döndürmeye çalışarak vibrasyona ve motorda aşırı ısınmaya yol açar.

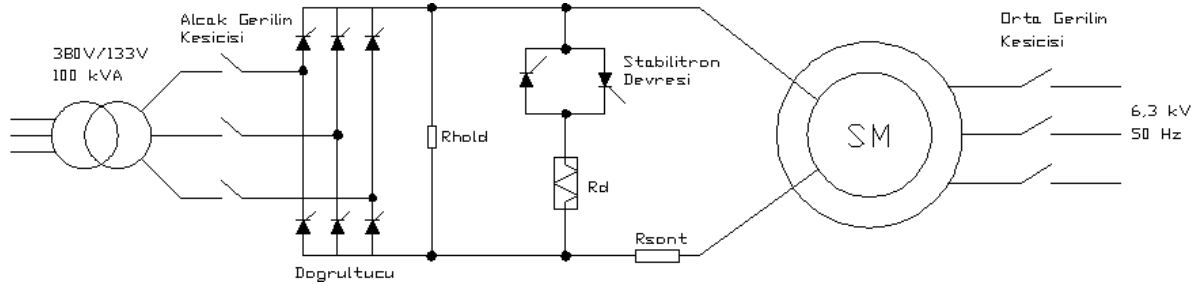


Şekil 1. Bir senkron motorun kesiti.

Rotorundaki damper sargılarından dolayı asenkron olarak yol verilen senkron motorun kalkış momenti büyüktür. Stator sargılarına gerilim uygulandığında, statorda bir döner alan oluşur. Bu döner alan rotordaki kafes çubuklarını keserek buradan akım akmasını sağlar. Böylece bu manyetik alanın etkisiyle rotor dönmeye başlar. Kısa bir sürede rotor senkron altı hıza ulaşır. Stator döner alan hızı ile arasında bir kayma oluşur. Eğer uzun süre bu durumda çalıştırılırsa, rotordaki damper sargılar ısınır ve sargılardaki izolasyon delinebilir. Rotorun hızı, senkron altı hıza geldiğinde, sargılarından sürekli doğru akım geçirilmeli ve rotor kutuplarının stator kutuplarını yakalayarak senkron olacak şekilde kilitlenmesi sağlanmalıdır. Normal çalışma şartlarında doğru akım sürekli sargılardan geçirilmelidir. Doğru akım kesilirse motor senkronundan çıkar ve asenkron çalışma moduna

girer. Bu durumda ya motor devrilir ya da sargılar ısınır izolasyon delinir. Doğru akımın kesilmesinin iki nedeni olabilir: birincisi, doğrultucu giriş gerilimi düşerse, çıkış akımı (uyarma akımı) azalır. Bunu önlemek için akım geri beslemesi olarak, doğrultucu doğru akım kaynağı olarak çalıştırılır. Diğer bir neden ise, doğrultucu çıkışının kesilmesi veya çıkışın kısa devre olmasıdır. Bu arızalar ise mümkün olduğunca hızlı algılanmalı ve motor durdurulmalıdır [2].

Yukarıda belirtilen zorluklar göz önüne alındığında senkron motora yol vermek ve uyarma akımını kontrol edebilmek için çeşitli güç elektroniği devrelerinden yararlanılır. Şekil 2’de bu amaçla kullanılacak sistemin prensip şeması bulunmaktadır.



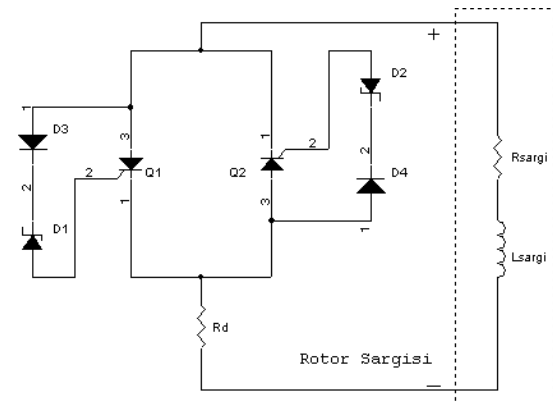
Şekil 2. Yol verme sistemin prensip şeması.

## 2. Yol Verme ve Uyarma Sistemi

Senkron motor uyarma sistemi; orta güçlü, akım geri beslemeli, faz kontrollü tam dalga doğrultucu ile yol verme sırasında deşarj direncini kısa devre eden stabilitron devresi ve kontrol devresinden oluşur. Doğrultucu 500A doğru akım verebilecek kapasitededir. Bu akıma uygun seçilmiş güç tristörleri soğutucular üzerine yerleştirilmişlerdir. Her faz için iki adet kullanılan toplam 6 adet tristörün kontrolü ENERPRO tetikleme ve regülasyon devresi ile sağlanır. Tamamen analog olarak çalışan bu devrenin ayar değerleri kullanıcı tarafından PLC üzerinde set edilir. Bunun için PLC modülüne analog giriş ve çıkış kartları eklenmiştir. Regülasyon kartında hem gerilim hem de akım regülasyonu yapmak için devreler bulunur. Gerilim regülasyonu doğru gerilim barasından gerilim örneği alınarak, akım regülasyonu ise rotor sargılarına bağlı şönt direnç üzerinden akım örneği alınarak yapılır [3-4].

Senkron motor yol alırken, akım transformatörü gibi çalışan rotor sargıları üzerinde çok büyük gerilimler oluşur. Eğer yol alma sırasında rotor sargı uçları açık bırakılırsa sargılardaki izolasyon delinir. Bunu önlemek için sargılar kısa devre edilmeli ya da yüksek gerilim bir direnç üzerinde

söndürülmelidir. Bu söndürme direnci “deşarj direnci” veya “yol alma direnci” olarak adlandırılır ve değerinin seçimi oldukça kritiktir. Direncin değeri motorun momenti ile doğru orantılı ve sargıda endüklenen gerilim ile ters orantılıdır. Bu yüzden uygun moment ve gerilim değeri için optimum bir direnç seçilmelidir. Genellikle bu değer rotor sargı direncinin 7-10 katına eşittir [5].



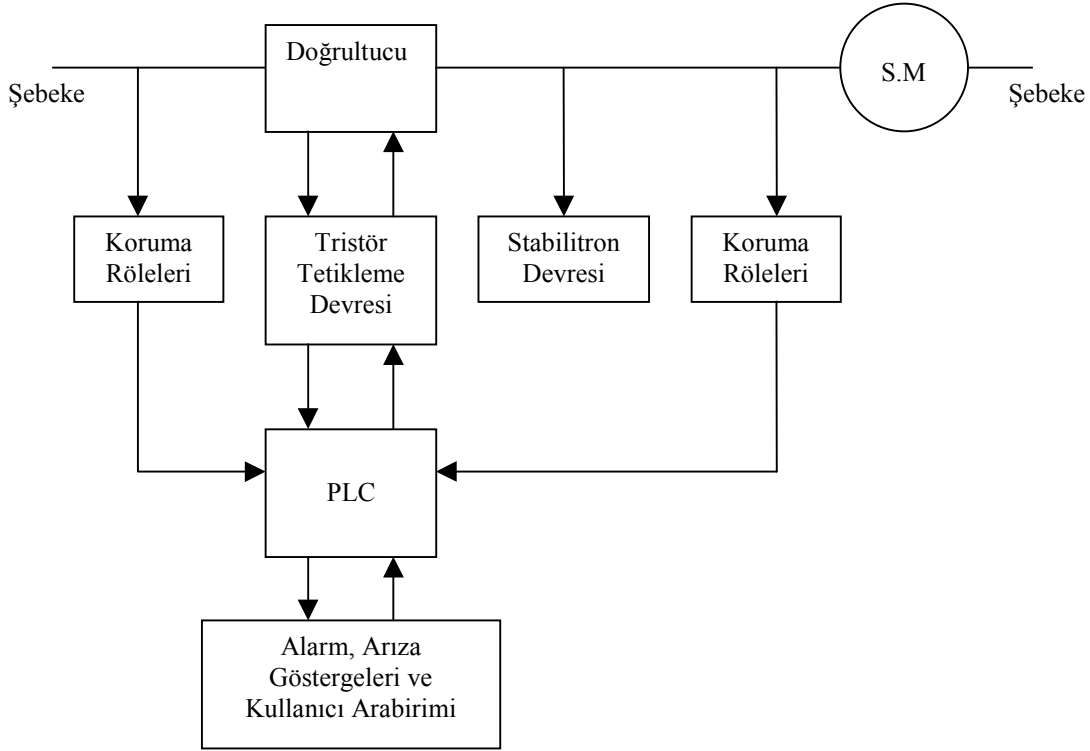
Şekil 3. Stabilitron Devresi.

Senkron motorun deşarj direnci ile kısa devre edildiği ilk yol alışı sırasında rotor sargısı uçlarında

oluşan gerilim yaklaşık 600V, 50Hz'dir. Gerilimin genliği deşarj direnci ile sabit tutulmuştur. Frekansın 50Hz olmasının nedeni, ilk anda rotor durduğu ve stator döner alanı ise şebeke frekansında döndüğü için aralarındaki kayma frekansının 50 Hz olmasındandır. Rotor hızlanıp senkron altı hıza ulaşana kadar, sargı gerilimi ve frekansı da azalacaktır. Sargı frekansı yaklaşık 2,5 – 5Hz değerine düştüğünde doğru akım uygulanmalıdır. Frekans, kayma frekans değerine indiğinde sargı gerilimi de oldukça küçük bir değere düşmüş olacaktır. Bu noktada deşarj direnci ile gerçekleştirilen rotorun şöntlenmesi durdurulmalı ve doğrultucu çalıştırılmalıdır.

Rotor sargısını deşarj direnci üzerinden kısa devre etmek amacıyla ters paralel bağlı tristörler kullanılmıştır. Tristörler yüksek akımı taşıyabilen, hızlı açılıp kapanan anahtarlar olarak kullanılır.

Motor yol alırken ilk anda yüksek bir alternatif gerilim olduğundan tristörler, kapı (gate) uçlarına bağlı zener diyotlar aracılığıyla ilettime girerler. Genellikle zenerlerin gerilimi, statorda oluşan gerilimin yaklaşık yarısı kadar seçilir. Zener geriliminden daha büyük bir gerilim tristörlerin anot ve katot uçlarında olduğunda zenerler, tristörün tetiklenmesini ve akımın geçmesini sağlarlar. Zener geriliminden daha düşük bir gerilimde ise, zenerler ilettime girmez ve tristörler açık bir anahtar gibi davranır, akım akıtmazlar. Zener geriliminin seçiminde dikkat edilmesi gereken ikinci nokta ise, doğrultucu geriliminin en yüksek değerinin zener gerilim değerini geçmemesidir. Eğer doğrultucu çalışırken stabiltron devresi de çalışırsa tristörler, uçlarında doğru gerilim olduğundan kesime gitmezler ve sistem doğru bir şekilde çalışmaz [1].



Şekil 4. Kontrol blok diyagramı.

### 3. PLC ile Kontrol

İskenderun Demir Çelik (İSDEMİR) işletmesinde kullanılan senkron motorlar 1600 kW gücünde çıkık kutuplu, damper sargılı, pompa motorlarıdır. Sekiz adet motorun rotorları, deniz suyunu yaklaşık 3,5 km uzağa taşıyabilen pompalara bağlıdır. Belli bir basınçta pompalanan su, işletmede enerji santrali, haddehane, yüksek fırınlar gibi bölümlerde soğutma suyu olarak kullanılmaktadır. Her bir

pompa devreye girdiğinde ve çıktığında suyun basıncı değişir. Bu yüzden hangi pompaların veya kaçının devrede olduğu, hangilerinin hazırda bekleyen yedek pompa olduğu bilinmelidir. Bir arıza durumunda pompalardan biri devreden çıkarsa, hemen yedekteki diğer pompa çalıştırılmalıdır. Pompalar işletme tarafından sürekli olarak izlenmeli ve hızla müdahale edilmelidir. Bunu daha kolay sağlayacak olan senkron motor uyarma sistemi, PLC ile

gerçekleştirilmiş ve SCADA'ya uyumlu hale getirilmiştir. Sekiz adet senkron motor uyarma panosu DH485 veri yolu üzerinden kontrol odasındaki SCADA sistemine bağlanır. Buradaki sistem de İSDEMİR'in INTRANET hattına bağlanacaktır. Böylece pompa motorları her yerden izlenebilecek ve kontrol edilebileceklerdir.

Senkron motor uyarma ve yol verme sistemi, birlikte çalıştığı motorların çok büyük güçlü olduğu ve işletmede herhangi bir kesinti olmaması gerektiğinden hızlı ve güvenilir bir kontrol sistemi ile donatılmalıdır. Bu yüzden uyarma ve yol verme panosunda Allen-Bradley marka PLC kullanılmıştır. Otuzikişer adet dijital giriş ve çıkış, dörder adet analog giriş ve çıkışları vardır. Tüm dijital giriş ve çıkışlar 24V DC ve gerekli röleler ile bağlıdır. Analog giriş ve çıkışlar ise doğrultucu kontrolünde kullanılır ve 0-10V DC seviyesinde çalışır. Ayrıca opertörlerin kolay kullanılabilmesi için programlanabilir, PLC ile uyumlu LCD ekran panonun ön tarafına yerleştirilmiştir [4].

Kontrol algoritması, Allen-Bradley'in RSLogix 500 programı ile yazılmıştır. Program ve PLC haberleşmesi RS232 arabirimi ile sağlanmaktadır. Programın avantajlarından biri de sistem çalışırken program üzerinde değişiklik yapılabilmesidir.

#### 4. Test Sonuçları

EKA Senkron Motor Kontrol Sistemi gerekli testleri yapıldıktan sonra sahada devreye alınmıştır. Devreye alma sırasında osilografla kaydedilen dalga şekilleri Şekil 6. da verilmiştir. Başlangıç anı, senkron motorun statoruna alternatif şebeke geriliminin uygulanma anıdır. Gerilim uygulandıktan sonra motor dönmeye başlar ve yaklaşık iki saniye sonra senkron altı frekansa ulaşır. Senkron altı frekansa ulaştığında Stabiltron devresi kesime gider ve daha önceden set edilmiş olan frekans değerinde, örneğin 2,5 Hz, doğru gerilim rotor sargılarına uygulanır. Doğru gerilimin uygulanmasından itibaren motor senkron olarak çalışır. Stabiltronun kesime girdiği an ile doğrultucunun çalıştırıldığı an arasında yaklaşık 500ms'lik bir boş bölge vardır. Bu sırada rotor sargıları Rhold (Bkz. Şekil 2.) dirençleri ile şöntlenmiştir.

#### 5. Sonuç

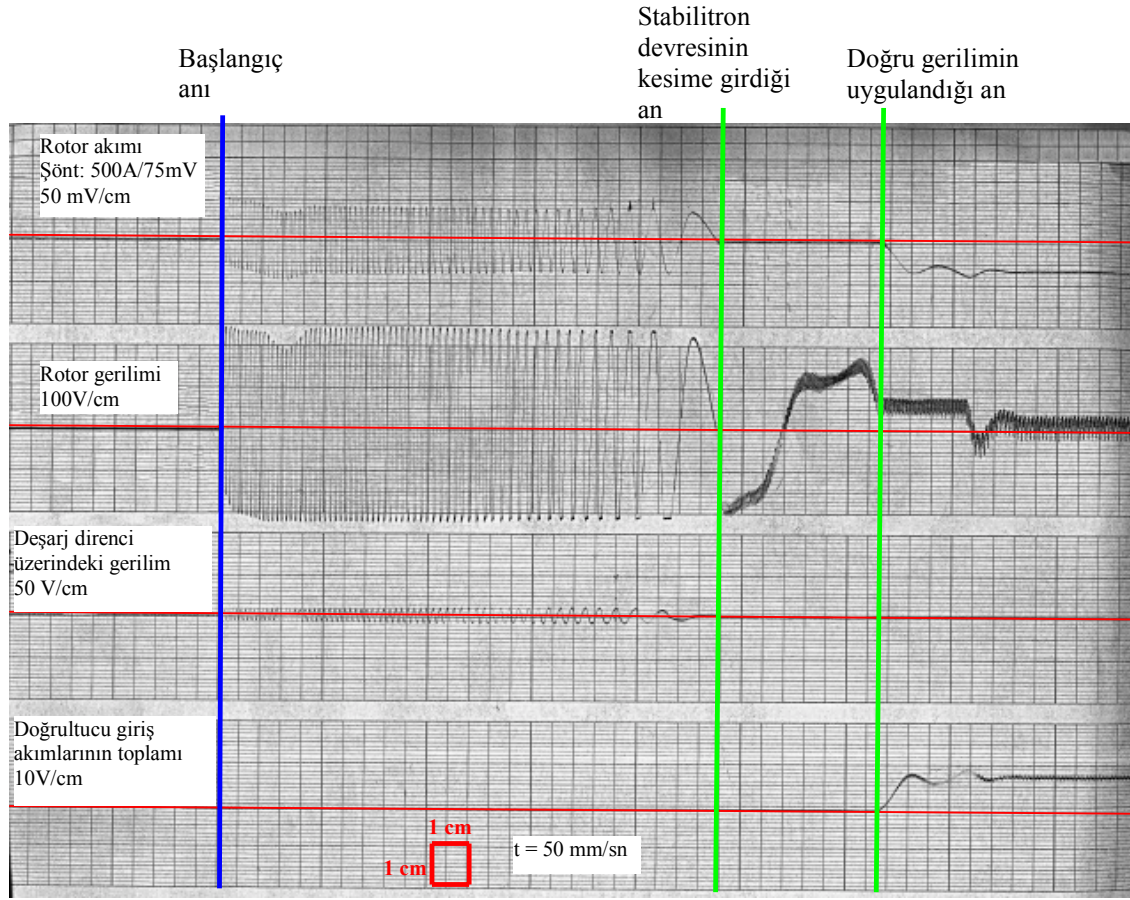
EKA Dudulu fabrikasında üretilen 2 adet Senkron Motor İkaz Sistemi, İSDEMİR'de devreye alınmış ve testleri yapılmıştır. Yeni yapılan panolar mevcut eski sistemler ile karşılaştırılmış ve kullanımının daha kolay olduğu görülmüştür.

#### Kaynaklar

- [1]. O. KURTKAYA, "EKA, Senkron Motor Kontrol Sistemi Kullanım Kılavuzu", EKA, İstanbul, Temmuz 2004.
- [2]. R. C. SCHAEFER, "Excitation Control of the Synchronous Motor", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 35, No. 3, May/June 1999.
- [3]. ENERPRO, "Operating Manual for 6-SCR General Purpose Gate Firing Board", [www.enerpro-inc.com/pdfs/fcog6100\\_opman.pdf](http://www.enerpro-inc.com/pdfs/fcog6100_opman.pdf).
- [4]. Allen-Bradley, SLC/1746 Technical Reference, [www.ab.com](http://www.ab.com).
- [5]. Prof. Dr. M. K. SARIOĞLU, "Elektrik Makinalarının Temelleri", Birsen Yayınevi, İstanbul, 2002.



Şekil 5. Üretilen panonun önden görünüşü.



Şekil 6. Yol verme esnasında osilograf ile kaydedilen dalga şekilleri.