



TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

ELEKTRİK MAKİNALARI LABORATUARI II

Öğretim Üyesi : Prof. Dr. Güngör BAL

Deneyin Adı : Senkron Makina Deneyleri

Öğrencinin

Adı Soyadı :

Numarası :

Tarih:

ÜÇ-FAZ SENKRON GENERATÖR DENEYLERİ

Giriş

Bir senkron generatör (alternatör olarak da adlandırılır) genellikle üç-faz sargıları ile sarılır. Üç-faz sargıları statorun iç yüzeyindeki oluklara yerleştirilir. Herhangi iki faza ait sargılar arasındaki konumsal (uzay) yerleştirme açısı 120 elektrik derecesidir. Rotor üzerine sarılan sargı alan sargısıdır ve sabit frekansta bir gerilim üretimini sağlamak için rotor sabit bir hızda döner (bu hız senkron hız olarak adlandırılır).

Bir doğru akım makinasında da manyetik akı stator üzerindeki kutupların etrafına sarılı alan (uyartım) sargısı tarafından sağlanır. Endüvi içinde yer alan sargılarda ise gerilim endüklenir. Bu benzerliklerden dolayı bir senkron makina bir doğru akım makinası ile kıyaslandığında yapısal farklılığın “iç-dış” yer değişikliğinden kaynaklandığı görülür. Faz sargıları stator içine yerleştirildiğinden senkron makinanın statoru endüvi olarak adlandırılır.

Alan-sargısı akımını kontrol etmek için genellikle harici bir ayarlı direnç alan sargısı devresine seri olarak bağlanır. Alan sargısı akımı kontrol edilerek esasında alan sargısına uygulanan mmk kontrol edilir ve böylece mmk’i üreten akı da kontrol edilir. Rotor tarafından üretilen sabit (DA) manyetik akı statordaki faz sargılarını keser ve statordaki üç faz sargılarının her birisinde bir emk oluşturulur. Endüklenen emk’in frekansının 50Hz olabilmesi için kutup sayısına bağlı olarak rotorun sabit bir hızda döndürülmesi gerekir. 2-kutuplu makina için hız 3000d/d, 4-kutuplu makina için hız 1500d/d olmalıdır. Senkron makinayı döndürmek için uygun güç ve hızda bir DA motoru veya bir asenkron motor kullanılabilir.

Endüvi (stator) sargılarının her bir fazının kendi iç direnci vardır ve faz direnci R_a ile gösterilir. Generatör yüke akım sağladığında sargı direncinde düşen gerilim çıkış geriliminin düşmesine de neden olur

Her bir faz sargısından geçen akım aynı zamanda kendi manyetik akısını da üretir. Bu akımın bir kısmı sadece kendisini üreten sargıyı keser ve kaçak akı olarak adlandırılır. Kaçak akımın etkisi bir-faz eşdeğer devrede kaçak reaktans olarak temsil edilir ve (sargı direnci R_a ile seri olarak) X_a

ile gösterilir. Faz sargılarından geçen akımlar tarafından üretilen manyetik akının büyük bir kısmı ise alan sargısı tarafından üretilen sabit manyetik akı ile etkileşir ve endüvi reaksiyonu olarak adlandırılan olayın oluşmasına neden olur. Endüvi reaksiyonu da çıkış gerilimini etkiler. Endüvi reaksiyonunun çıkış gerilimi üzerindeki etkisini dikkate almak için sargı direnci R_a ile sargı kaçak reaktansı X_a 'ya seri olarak bir X_m mıknatıslama reaktansı ilave edilir. Kaçak ve mıknatıslama reaktansları sadece endüvi sargısından akım geçtiğinde oluştuğundan dolayı bu reaktanslar birleştirilerek senkron reaktans olarak adlandırılan bir reaktans ile temsil edilirler ve devrede X_s ile gösterilirler.

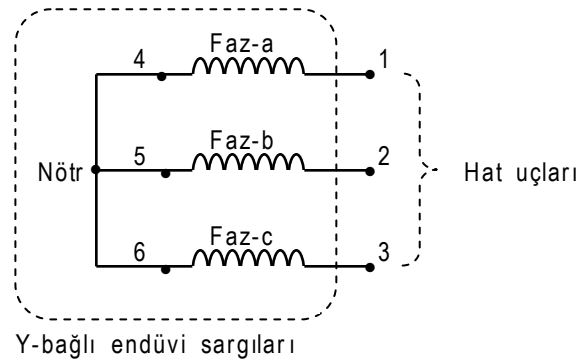
Bu deneyin ilk kısmı faz- sargısının direnci ve kaçak reaktansının bulunması üzerine olacaktır. Bunun için izleyen deneyler gerçekleştirilecektir.

1. Endüvi direnci deneyi

- Ortak bir terminal (nötr) oluşturmak için senkron generatörün faz sargılarının uçlarını (4, 5 ve 6) Şekil-1'de gösterildiği gibi bağlayınız. Üç-fazlı Y-bağlı senkron generatörün kalan üç ucu (1, 2 ve 3) hat uçlarıdır (terminalleridir).
- Hat terminal çiftleri arasındaki direnci ölçünüz ve Çizelge-1'e kaydediniz. Bu üç ölçmenin ortalaması alınarak faz direnci R_a belirlenecektir.

Çizelge-1: Sargı-direnç verileri (Y-bağlantıya göre)

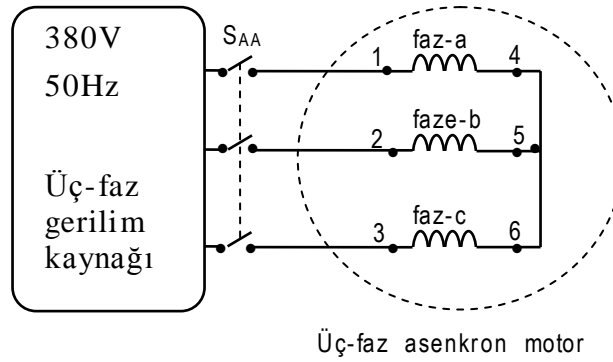
R_{12}	R_{23}	R_{31}	R_{ort}	$R_a = 0.5 R_{ort}$



Şekil-1: Y-bağlı bir senkron generatörün üç-faz sargıları

2. Açık-devre deneyi

- Üç-faz asenkron motorun bağlantı uçlarını Y-bağlantıya göre hazırlayınız. 4, 5 ve 6 nolu uçları birleştirerek nötr noktası oluşturunuz.
- DA güç kaynağı anahtarının S_f açık (enerjisiz) ve ayar düğmesinin sıfır konumunda olduğundan emin olunuz.
- Ana güç kaynağı anahtarı SAA açık (enerjisiz) iken Y-bağlı motorun 1, 2 ve 3 nolu uçlarını 380V, 50Hz güç kaynağına Şekil-2'deki gibi bağlayınız. Y-bağlı motorun nötr noktasının kaynağın nötr noktasına bağlanmasına gerek yoktur.

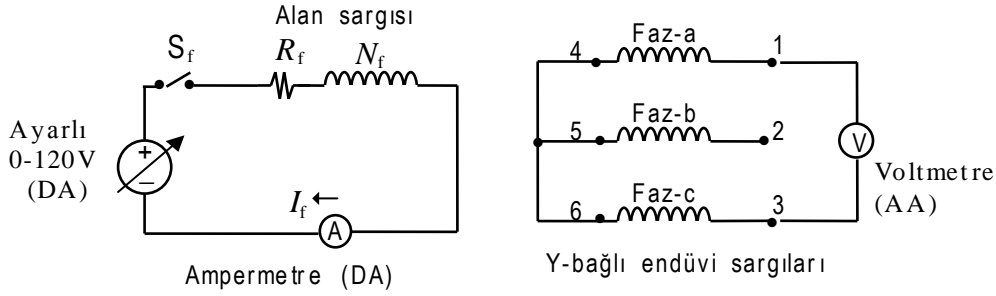


Şekil-2: Y-bağlı üç-fazlı asenkron motorun üç-fazlı kaynağa bağlantı şeması

- Üç-faz asenkron motor ile üç-faz senkron generatörün millerini akuple (birbirine mekanik olarak bağlayınız) ediniz. Asenkron motor artık senkron generatörü sürmek (tahrik etmek) için hazırdır.
- Üç-faz senkron makine senkron generatör olarak kullanıldığında etiket değerlerini Çizelge-2'de yerlerine kaydediniz.
- Senkron generatörün alan-sargısı devresinin anahtarının S_f açık olduğundan emin olunuz.

Çizelge-2: Etiket verileri (senkron generatör için)

Anma gerilimi	Anma akımı	Anma gücü	Anma hızı



Şekil-3: Açık-devre deneyi için bağlantı şeması

- Alan sargısını Şekil-3’de gösterildiği gibi 0-120V ayarlı DA kaynağına bağlayınız. Açık-devre hat gerilimini ölçmek için bir AA voltmetresini Y-bağlı endüvi sargılarının ikisinin ucuna bağlayınız.
- Alan sargısı akımı sıfır olduğunda bile kalıcı akılardan dolayı endüvi sargıları uçlarında gerilim endüklenebilir. Bu gerilimi ilk okuma olarak Çizelge-3’e kaydediniz.
- Ayarlı DA kaynağından alan sargısını uyarmak için alan sargısı anahtarını Sf kapatınız. Alan akımını yavaş yavaş artırınız ve alan akımı ile karşılık gelen hat gerilimin kaydediniz. Mümkünse, hat gerilimi anma değerinin %150’sine ulaşmaya kadar okumaya devam ediniz.
- Faz başına endüklenen emk’i hesaplayınız. Bu gerilim, generatörün yüksüz durumdaki faz gerilimidir. Yüksüz durum faz gerilimini alan akımının bir fonksiyonu olarak çizin (Grafik-1). Elde edilen eğri üç-faz senkron makinanın mıknatıslama (veya açık-devre doyumu) karakteristiği olarak adlandırılır.

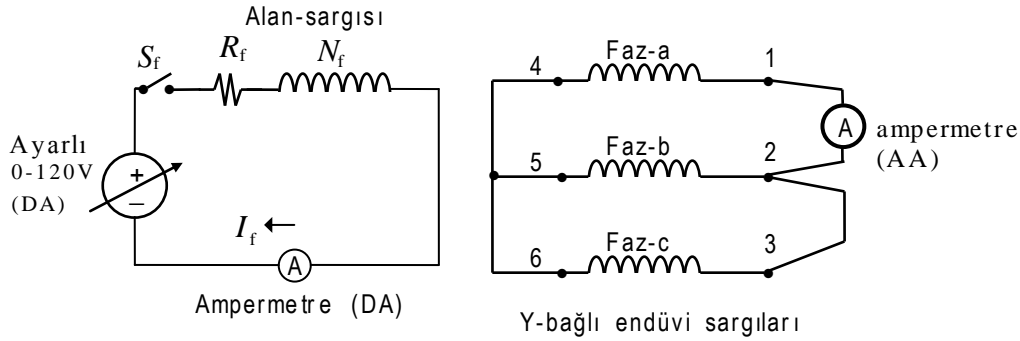
Çizelge-3: Açık-devre verileri (senkron generatör için)

Ölçülen alan-akımı, A									
Ölçülen hat gerilimi, V									
Hesaplanan faz gerilimi, V									

Grafik-1: Mıknatıslama eğrisi (çiziniz)

3. Kısa-devre deneyi

- Bu deney büyük bir dikkatle gerçekleştirilmelidir. Ayarlanabilir DA alan sargısı gerilimini sıfıra ayarlayarak alan sargısı akımını sıfır yapınız.
- Endüvi sargısı uçlarını Şekil-4’de gösterildiği gibi kısa devre yapınız. Hat akımının birini ölçmek için bir AA ampermetresini devreye bağlayınız.



Şekil-4: Kısa-devre deneyi için bağlantı şeması

- Üç-faz asenkron motor hala döner durumdadır.
- Şimdi alan sargısı akımını küçük kademeler halinde artırınız ve her bir alan sargısı akımı için endüvi sargısı kısa devre akımını Çizelge-4’de kaydediniz. Endüvi sargı akımının anma değerini aşacak birkaç ölçme daha alabilirsiniz. Ancak Çizelge-1’de verilen anma değerini en fazla %150’ye kadar geçebilirsiniz. Bu okumaları kısa sürede yapmaya dikkat ediniz.
- Alan sargısı akımının bir fonksiyonu olarak faz akımını çiziniz (Grafik-2). Y-bağlı makinada faz akımı ile hat akımının aynı olduğuna dikkat ediniz. Alan sargısı akımı X-

ekseninde olmalıdır. Bu eğri senkron makinanın kısa-devre karakteristiği olarak adlandırılır.

Çizelge-4: Kısa-devre verileri (senkron generatör için)

Ölçülen alan akımı, A										
Ölçülen kısa-devre akımı, A										

Grafik-2: Kısa-devre karakteristiği (çiziniz)

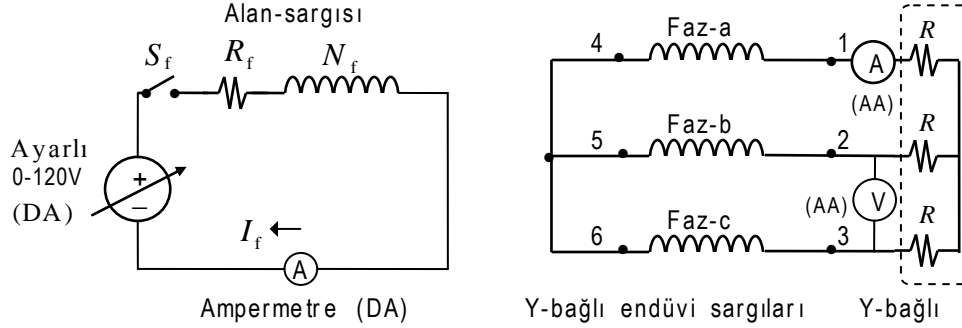
4. Gerilim regülasyonu deneyi

- Senkron generatör üç-fazlı bir yükü beslediğinde, çıkış gerilimi yüksüz gerilimden yüksek veya düşük olabilir. Fazör diyagramları çizilirse, güç-katsayısı geri veya birim değerinde olduğunda (herhangi bir yükte) çıkış geriliminin yüksüz çıkış geriliminden daha düşük olduğu doğrulanabilir. Sadece ileri güç-katsayısında, çıkış gerilimi yüksüz çıkış geriliminden daha yüksek olabilir.
- Generatör uçlarına yük bağlamadan önce, alan akımını sıfıra ayarlayınız. Şekil-5'deki gibi Y-bağlı yükü oluşturmak için üç adet ayarlı direnci (R) kullanınız.

Çizelge-5: Gerilim regülasyonu için veriler

Tam yük gerilimi, V	Yüksüz gerilim, V	Yüzde gerilim reglasyonu

- Alan akımı ve dengeli üç-faz yükünü (direncini) ayarlayarak generatörün anma çıkış geriliminde anma akımını çekmesini sağlayınız. Tam-yük akımını Çizelge-5'e kaydediniz.
- Yüksüz gerilimi ölçmek için şimdi yükü devreden çıkarınız. Yüksüz çıkış gerilimini Çizelge-5'e kaydediniz. Bu verilerden yüzde gerilim regülasyonunu hesaplayınız.



Şekil-5: Yük ve gerilim regülasyonu deneyi için devre şeması

5. Yük deneyi

- Yük akımını yüksüz değerinden anma (tam-yük) değerine kadar küçük kademelerle artırırsınız. Her bir kademe için ölçmeleri Çizelge-6'ya kaydediniz. Her bir okumayı almadan önce yükün dengeli (her bir fazın yük dirençlerinin aynı) olduğundan emin olunuz.

Çizelge-6: Yüklü deney verileri (senkron generatör için)

Ölçülen endüvi akımı, A(rms)								
Ölçülen hat gerilimi, V(rms)								
Hesaplanan faz gerilimi, V(rms)								

- Bir faz için yük gerilimini hesaplayarak Çizelge-6'ya kaydediniz ve yük akımının bir fonksiyonu olarak (yük akımı X-ekseninde olacak şekilde) çizin (Grafik-3). Yük akımı ile bir-faz çıkış gerilimi düşümü doğrusal mıdır? Açıklayınız.

Grafik-3: Yük eğrisi (iziniz)

6. Faz empedansı

- Açık-devre ve kısa-devre deneyleri verilerinden senkron generatörün bir-faz senkron empedansını Z_s bulunuz. Verilen bir uyartım akımı için bir-faz empedansının genliği basit olarak yüksüz faz geriliminin E_a kısa-devre faz akımına I_{sc} oranıdır.
- Bir-faz endüvi direncinin R_a değeri bilindiği için generatörün faz başına senkron reaktansı bulunabilir.

$$X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_a^2}$$

- Açık-devre ve kısa-devre deneyleri verilerini kullanarak alan sargısı akımının bir fonksiyonu olarak X_s eğrisini çiziniz. Alan akımı x-ekseninde olacaktır.
- Yüksüz durumdan tam-yüklü duruma senkron reaktanstaki maksimum değişim nedir? Herhangi bir değişiklik varsa, sebebi nedir? Bir değişiklik olmalı mıdır? Cevabınızı savununuz (doğrulayınız).

Grafik-4: X_s eğrisi (iziniz)

DEĞERLENDİRME