

SENKRON GENERATÖRLERİN EŞDEĞER DEVRE PARAMETRELERİNİN ELDE EDİLMESİ

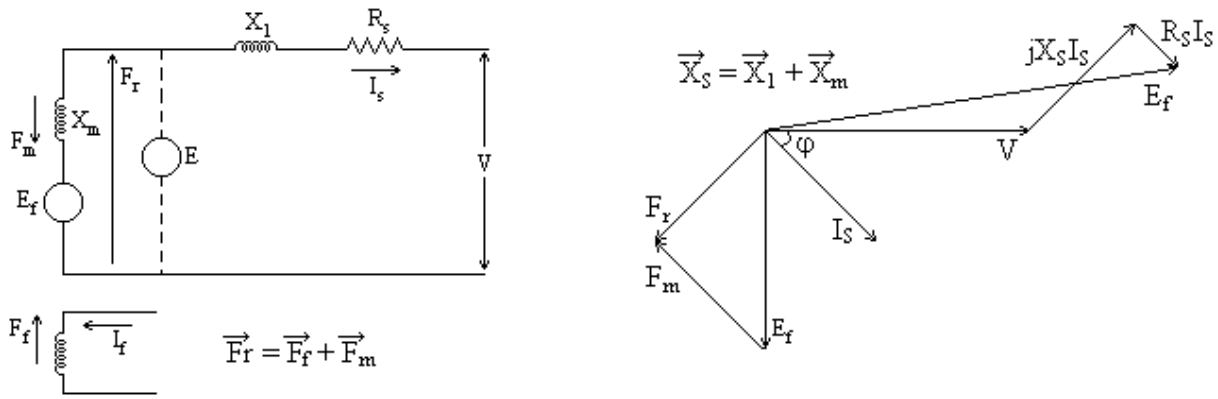
Deneyin Amacı

Bu deneyde üç fazlı yuvarlak rotorlu senkron generatörün eşdeğer devresinin parametreleri deneysel olarak bulunacak ve ayrıca yükte çalışmada gerilim düşümü saptanmasına ilişkin deneysel yöntemler incelenecektir.

1. Açıklayıcı Bilgiler

1.1. Yuvarlak Kutuplu Senkron Generatörün Eşdeğer Devresi

Yuvarlak kutuplu senkron generatörün sürekli çalışmada geçerli olan eşdeğer devresi Şekil 1’de verilmiştir.



X_1 : Kaçak Reaktans

X_m : Mıknatıslama Reaktansı

X_s : Senkron Reaktans

R_s : Üç fazdan her birinin sargı direnci

E_f : Sargıların ürettiği emk

E_f : Sargılarda üretilen mmk

F_s : Senkron empedansın oluşturduğu mmk

F_r : Hava aralığı mmk'sı

E : Hava aralığı emk'sı

Şekil 1. Yuvarlak kutuplu senkron generatörün eşdeğer devresi ve fazör diyagramı

Bu eşdeğer devre incelenirken iki ayrı yorum göz önüne alınabilir.

1. Makinanın her fazında bir iç empedans ($R_s + jX_s$) ile yalnızca uyarıtım akımı I_f 'ye bağlı olan iç emk (E_f) olduğu varsayılır. Bu emk,

$$E_f = \frac{N \cdot d\theta}{dt} \text{ 'dir.}$$

2. Makinanın her fazında ($R_s + jX_1$) kadar bir iç empedans ve yalnızca uyarıtım akımı I_f 'ye bağımlı olmayan, aynı zamanda faz akımı I_s 'ye de bağımlı olan bir emk olduğu varsayılır. Bu durumda tanımlanan hava aralığı emk'sı E ile gösterilir.

$$E = N_s \frac{d(\theta_s + \theta_f)}{dt}$$

E_f senkron empedansın gerisindeki gerilim, E ise hava aralığı gerilimi (emk)'sı diye adlandırılır. E ortak hava aralığı akısına bağlıdır.

Eşdeğer devre büyüklükleri açık devre, kısa devre, sıfır güç katsayısı deneyleri ile stator sargı dirençlerinin ölçülmesi sonucu belirlenir.

1.1.1. Açık Devre Deneyi

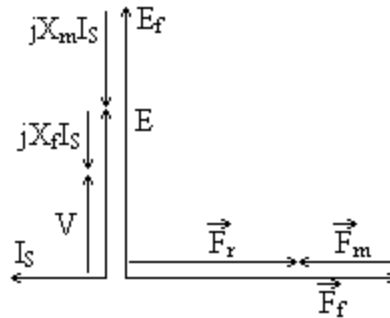
Açık devre deneyi ile açık devre çalışma öz eğrisi (doyma eğrisi veya mıknatıslanma eğrisi) elde edilir. Makinanın stator sargı uçları açık devre iken rotor sürücü motor yardımıyla senkron hızda döndürülür ve uyarma akımı uygun aralıklarla artırılarak stator sargısı uç gerilimi V ($I_s=0$ olduğundan $E_f=V$) ölçülür. Bu ölçüm sonucunda $V_{ad}=f(I_f)$ değişimi çizilir. Bulunan bu eğride gerilim eksenine kutup başına düşen akı ile uyarma eksenine ise uyarma mmk'sı ile orantılıdır [Şekil 3].

1.1.2. Kısa Devre Deneyi

Kısa devre deneyinde stator sargısı uçları ampermetreler üzerinden kısa devre edilirken rotor senkron hızda döndürülür ve uyarma akımı uygun aralıklarla artırılarak stator kısa devre akımları ölçülür. Bundan sonra kısa devre akımının uyarma akımı ile değişimi $I_{kd}=f(I_f)$ çizilir. Elde edilen bu kısa devre eğrisinde (öz eğrisinde) elde edilen stator akımı tümüyle iç empedansa (direnç ve kaçak reaktans) ve endüvi reaksiyonuna bağlıdır. Burada kısa devre akımı ile onu oluşturan emk arasındaki açı yaklaşık 90° 'dir. Endüvi reaksiyonu mmk'sı hemen hemen tümüyle ters mıknatıslanma yönündedir. Bu nedenle bu eğri yaklaşık bir doğru görünümüne sahiptir [Şekil 3].

1.1.3. Sıfır Güç Katsayısı Deneyi

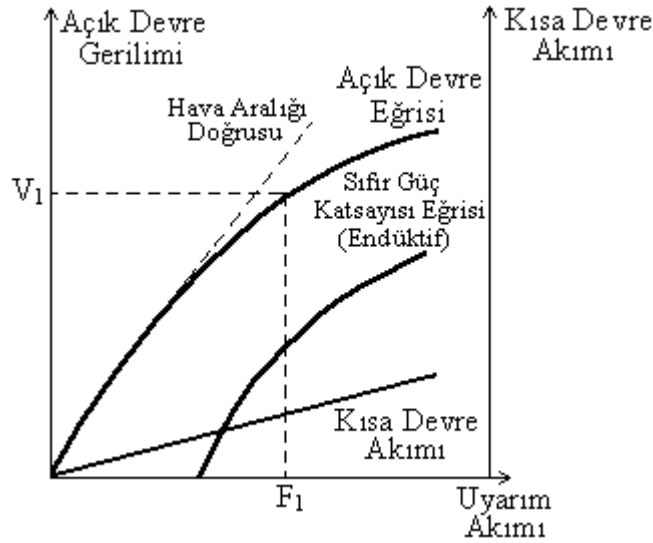
Kısa devre deneyinde stator sargısı uçları ampermetreler üzerinden kısa devre edilirken nominal akım değerine karşılık düşen uyarma akımı bu eğrinin başlangıç noktasını oluşturur. Sıfır güç katsayısı deneyi ilk iki deney sonucunda elde edilecek senkron reaktanstaki 'kaçak reaktansı' ve 'mıknatıslanma reaktansını' ayırmak için gereklidir.



Şekil 2. $\cos\phi = 0$ iken senkron makinanın fazör diyagramı

Bu deney sırasında generatörün ucuna sıfır güç katsayısına sahip bir yük bağlanır. Bu durumda çekilecek olan tam endüktif veya tam kapasitif bir akım ile sargılarda endüklenen mmk aynı eksene düşecektir [Şekil 2].

Sıfır güç katsayısı eğrisi, generatörün statoruna bağlı bir yüke sıfır güç katsayısında anma akımı verilirken elde edilen uç geriliminin uyarma akımına göre değişimine denir. Bu deneyde hemen hemen endüktif bir sıfır güç katsayısına sahip bir yük stator sargı uçlarına bağlanır ve rotor nominal hızda döndürülür. Bu durumda anma akımı çekilirken uyarma akımı ile uç geriliminin değişimi bulunur. Bu eğri açık devre eğrisine paralel olacak şekilde ortaya çıkar [Şekil 3].



Şekil 3. Açık devre, kısa devre ve sıfır güç katsayısı eğrilerinin genel biçimi

1.2. Yükte Çalışmada Gerilim Düşümü Hesabı

Yükte gerilim düşümü (gerilim regülasyonu), generatörün boştaki ve yüklü durumdaki gerilimleri arasındaki farka denir. Diğer bir deyişle generatörlerde regülasyon; tam yükte, anma devrinde ve anma uç gerilimi ile çalışan bir generatörün uyarım akımı sabit tutulup, yükü kaldırıldığı zaman uç gerilimindeki değişimin tam yük gerilimine oranının yüzdesi olarak tanımlanır.

$$\% \text{ Regülasyon} = \frac{|\vec{V}_{ad}| - \vec{V}_N}{V_N} \cdot 100 \quad (1)$$

Regülasyon yüzdesi bilinen bir generatör yüklendiği zaman uç geriliminin ne kadar değiştiği kolayca hesaplanabilir. Generatörün yüzde regülasyonu ne kadar küçükse kaçak akısı da o kadar azdır. Generatörleri tam yüküne kadar yükleme zorluğu karşısında, gerilim regülasyonlarının bulunması için bazı yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan biri de senkron empedans yöntemidir. Senkron empedans yöntemi ile gerilim regülasyonun bulunmasında, alternatörün açık ve kısa devre karakteristiklerine gerek vardır. Ancak kısa devre çalışmada alternatör küçük uyarım akımında çalıştığından, bulunacak senkron empedans (Z_s) gerçek değerinden büyük olmaktadır. Bunu önlemek için kısa devre deneyi mümkün olduğu kadar büyük uyarım

akımları ile yapılmalıdır. Böylece endüvi reaksiyonunun neden olduğu gerilim düşümünün, senkron empedansa etkisi azalmış olacağından regülasyon gerçeğe daha yakın çıkmış olur.

Senkron empedansın bulunabilmesi için alternatörün açık ve kısa devre eğrileri aynı eksene çizilir. Çeşitli uyarım akımlarındaki senkron empedans değerleri, boştaki gerilimin aynı uyarımdaki kısa devre akımına bölünmesi ile bulunur.

$$Z_s = \frac{V_{ad}}{I_{kd}} \quad (2)$$

Çıkan değerlerle $Z_s=f(I_f)$ şeklinde üçüncü bir eğri aynı eksene çizilir. Bu eğriler yardımı ile önce senkron empedans daha sonra da senkron reaktans belirlenebilir. En uygun empedans $Z_s=f(I_f)$ eğrisinin en düzgün (doğrusal) olduğu yerde elde edilendir. Ancak ulaşılabilen en büyük uyarım akımındaki boş çalışma geriliminin aynı uyarımda bulunan kısa devre akımına bölünmesi ile elde edilen senkron empedans, eğrinin doğrusal olabildiği yerdeki empedansa çok yakın olacağı için en büyük uyarımdaki Z_s 'yi almakla gerçeğe yaklaşmış olabiliriz. Kısa devre çalışma durumunda, boş çalışmada ulaşılan uyarım akımına gelinememişse, kısa devre karakteristiği aynı doğrultuda uzatılır.

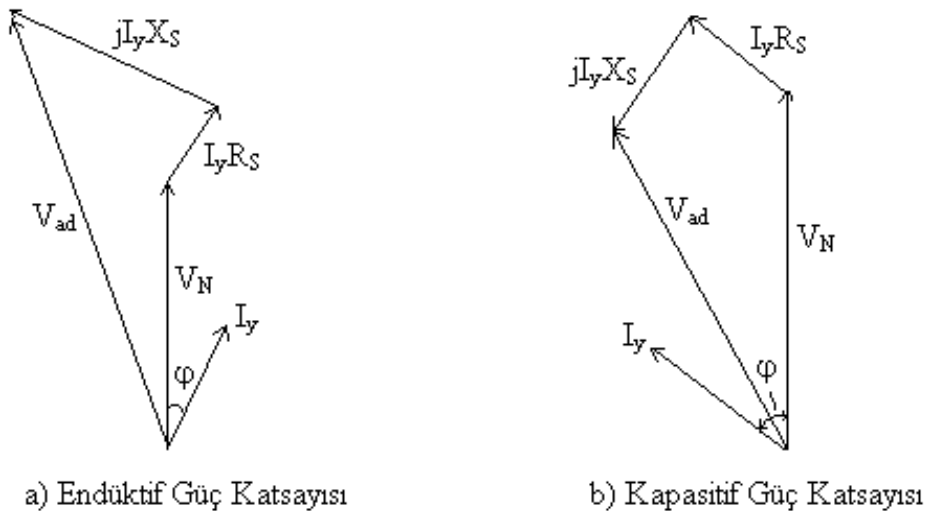
Deneyi yapılan generatörün bir fazının etkin direnci (R_s) biliniyorsa, senkron empedans (X_s);

$$X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2} \quad (3)$$

şeklinde bulunur. Eğer generatörün anma gerilimi V_N ise güç katsayısı $\cos\phi$ ve akımı I_y olan regülasyon hesaplanacak ise, bu durumda açık devre gerilimi,

$$\vec{V}_{ad} = \vec{V}_N + Z_s \vec{I}_y \quad (4)$$

olur. Bu durumda % regülasyon denklem (1)'deki bağıntıdan hesaplanır. \vec{V}_{ad} 'ye yukarıdaki gibi karmaşık cebir yardımıyla ya da Şekil 4'de gösterildiği gibi fazörler yardımıyla hesaplanır.



Şekil 4. Senkron generatörün yükte çalışmadaki fazör diyagramları

2. Hazırlık Soruları

- Yuvarlak kutuplu senkron generatörün eşdeğer devresini göz önünde tutarak sırasıyla saf omik, endüktif ve kapasitif yükler için fazör diyagramlarını çiziniz.
- a'daki fazör diyagramlarından yararlanarak omik, endüktif ve kapasitif yüklerde oluşan gerilimlerin, generatör açık devre gerilimine göre özelliklerini belirtiniz.
- Adı geçen deneylerde niçin endüktif güç katsayısı eğrisi kullanılmakta, kapasitif güç katsayısı eğrisi kullanılmamaktadır?
- Endüktif güç katsayısı eğrisinde ölçüm yapılırken generatöre ne tür yükler bağlanabilir? Birkaç örnek veriniz.
- DA ve köprü yöntemiyle ölçülen stator sargısı dirençlerinin AA daki etkin değerleri nasıl elde edilir?
- Senkron generatör eşdeğer devresinde görülen ve fazör diyagramlarında uç gerilimi ile endüklenen emk arasındaki açının generatör için ne tür bir önemi vardır? Generatörün kararlı durumda verebileceği en büyük etkin güç ne olabilir? Yukarıda adı geçen açının, yük akımı arttıkça değeri ne olmaktadır?
- Senkron generatörün anma gücü, anma gerilimi ve anma akımını kullanarak tüm hesapları birim değerlerle nasıl yaparsınız? Bunun getirdiği yararları açıklayınız.

3. Deneyin Yapılışı

3.1. Giriş

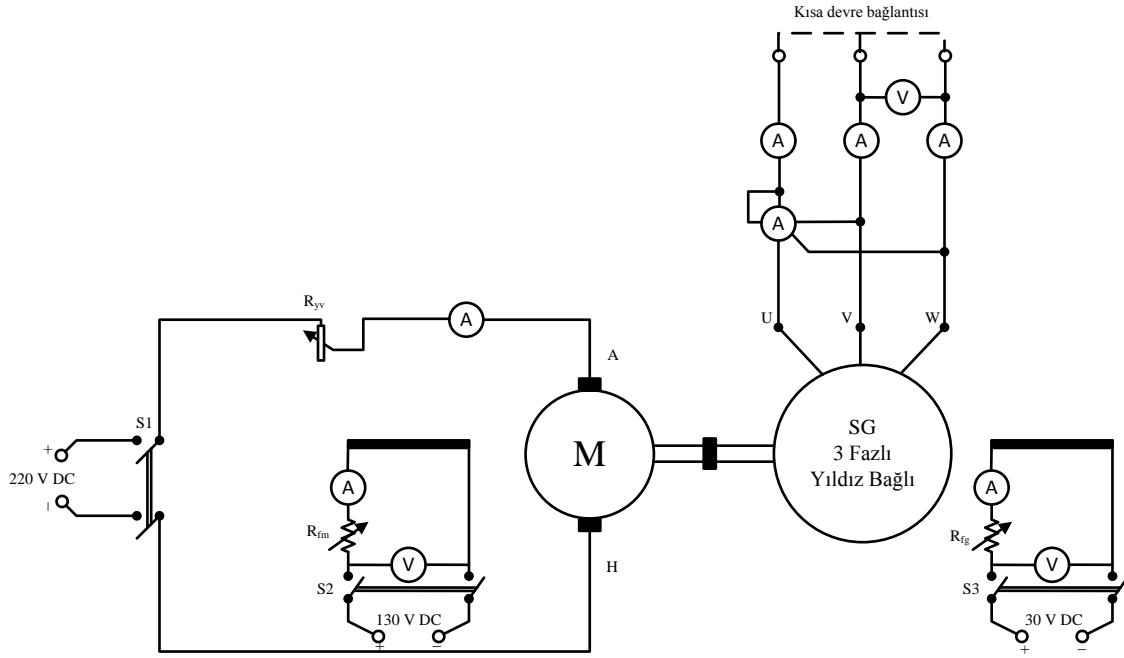
Üzerinde deney yapılan generatörün hızı deney boyunca sabit ve anma değerinde (senkron hızda) tutulmalıdır. Kısa devre deneyinde yapılan kısa devre simetrik olmalıdır. Ölçülen değerler hesaplamalarda faz değerlere dönüştürülmüş olmalıdır.

3.2. Dirençlerin Belirlenmesi

Senkron generatörün anma değerlerini okuyunuz. Stator uçlarını ve uyarma devresi uçlarını belirleyiniz. Stator faz dirençlerini ve uyarma devresi direncini ohmmetre ile ölçünüz.

R_R		R_S		R_T		R_f	
U_N		I_N		$n_S=n_N$		P_o	

3.3. Tahrik Motoruna Yol Verilmesi



Şekil 8. Deney devre şeması

Deneyde tahrik motoru olarak serbest uyarımlı bir DA motoru kullanılmıştır. Motora yol vermeden önce ϕ manyetik akısı oluşturulmalıdır. Bu nedenle, bütün anahtarlar açık iken 0–220 V ayarlı gerilim kaynağı olan uyarma besleme kaynağı (0–220 V DC EXCITATION) varyağı % 0 konumuna alınır ve S1 kapatılır. Motorun uyarma reostası en küçük konumuna alınıp uyarma varyağı ile uyarma gerilimi 130 V'a ayarlanır. Daha sonra endüvi besleme kaynağını (DC SUPPLY) 220 V'a ayarlayınız. R_{yv} (STARTER) yol verme reostasını saat yönünde çevirerek, değerini küçülterek tahrik motoruna yol veriniz. R_{fm} motor ikaz reostasını ayarlayarak devir sayısını senkron jeneratörün senkron devir sayısı olan 1500 d/d'a getiriniz. Deneyler esnasında devir sayısında olabilecek değişiklikleri R_{fm} reostasını ayarlayarak düzeltiniz.

3.4. Açık Devre Deneyi

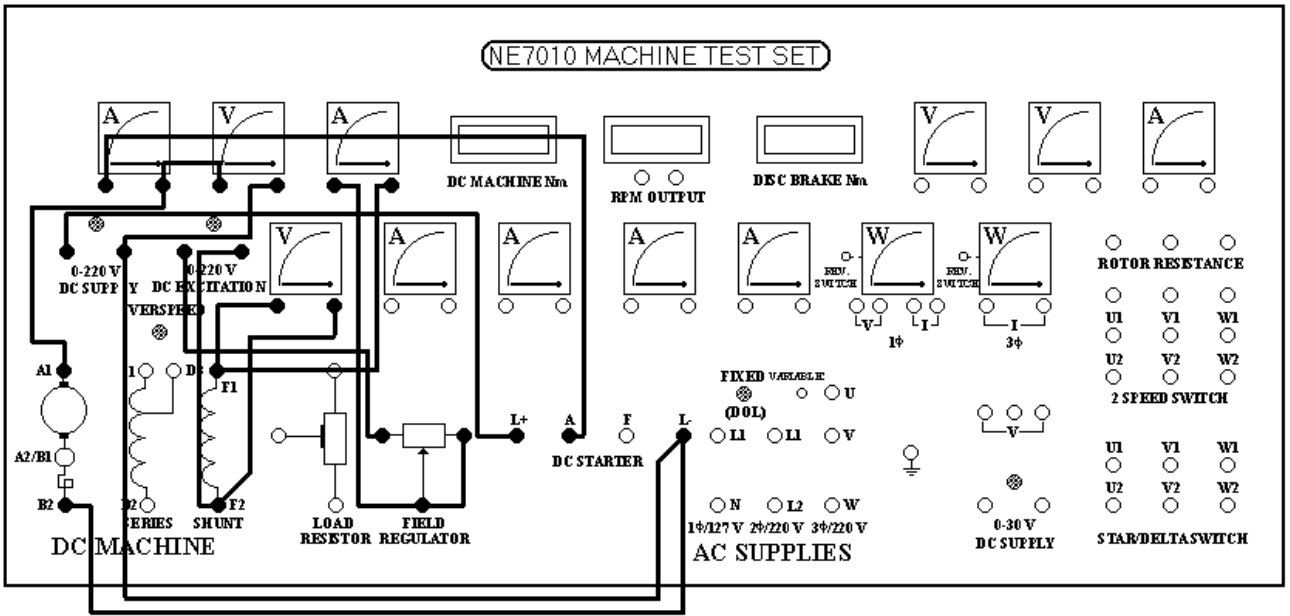
Deney bağlantısını Şekil 9 ve 10'daki gibi kurunuz. Makinanın stator sargı uçları açık devre iken rotor, sürücü motor yardımıyla senkron hızda döndürünüz. R_{fg} reostası en büyük konuma alındıktan sonra S3 anahtarı kapatınız. R_{fg} reostasının değerini azaltarak, uyarma akımı I_f 0'dan I_{fn} 'ye kadar artırıp stator sargısı uç gerilimi V ($I_s=0$ olduğundan $E_f=V$) ölçünüz. Her bir adımda uç gerilimi V'yi ve uyarma akımı I_f 'yi kaydediniz. Uyarma akımını ve hızı sıfıra getiriniz, sistemi kapatınız. Bu ölçüm sonucunda E_f/I_f değişimini çiziniz.

I_f (A)									
V (V)									

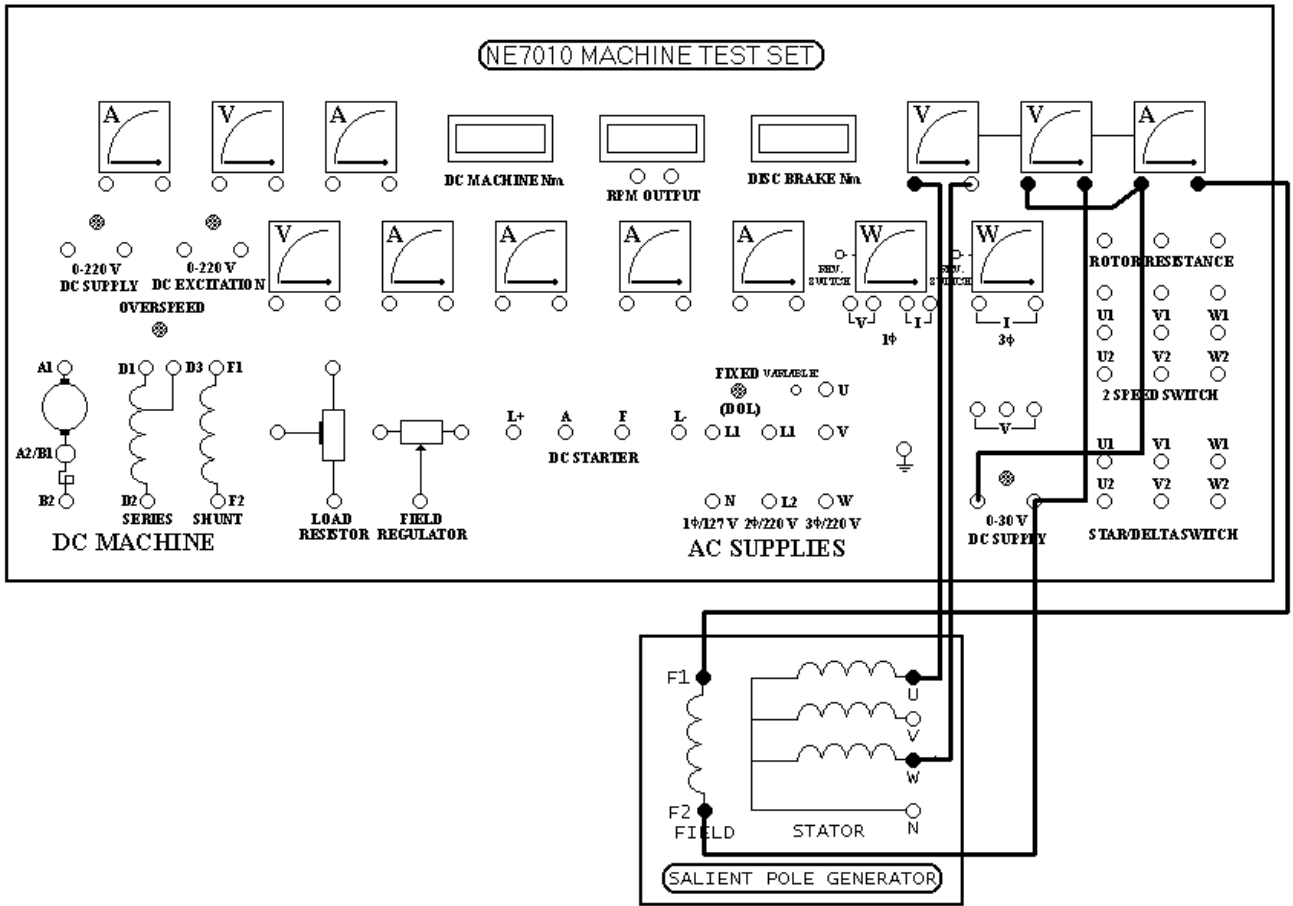
3.5. Kısa Devre Deneyi

Yukarıdaki gibi kurmuş olduğunuz devrede, makinanın stator sargı uçlarını ampermetreler üzerinden kısa devre ediniz. Generatör hızını anma değerine getiriniz. R_{fg} reostası en büyük konuma alındıktan sonra S3 anahtarı kapatınız. R_{fg} reostasının değerini azaltarak, uyarma akımı I_f 0'dan I_m 'ye kadar artırıp stator sargısı kısa devre akımı I_{kd} 'yi ölçünüz. Her bir adımda kısa devre akımını I_{kd} 'yi ve uyarma akımı I_f 'yi kaydediniz. Uyarma akımını ve hızı sıfıra getiriniz, sistemi kapatınız. Bu ölçüm sonucunda I_{kd}/I_f değişimini çiziniz.

I_f (A)									
I_{kd} (A)									



Şekil 9. Deney bağlantı şeması.



Şekil 10. Deney bağlantı şeması.