

## ASENKRON GENERATÖR

### 1.Giriş

Asenkron generatör ile ilgili aşağıdaki deneyler yapılacaktır:

- 1.Şebekeye Bağlı Asenkron Generatör Çalışması
- 2.Kondansatör Uyarmalı Asenkron Generatör Çalışması

### 2.Hazırlık Soruları

Aşağıdaki sorulardan 3 tanesini cevaplandırınız.

1. Rüzgâr türbin çeşitlerini yazınız ve bunların birbirlerine göre üstünlüklerini açıklayınız.
2. Asenkron generatörleri doğru akım generatörleri ve senkron generatörlerden ayıran en önemli fark nedir? Açıklayınız
3. Bir asenkron makinanın hız-moment karakteristiğini, motor ve generatör çalışma durumları için çizin ve her iki durum için de nominal çalışma noktalarını işaretleyiniz. Kaymanın  $s=0$ ,  $0<s<1$ ,  $s<0$  durumlarında asenkron makinanın çalışma durumlarını yorumlayınız.
4. Sincap kafesli ve rotoru sargılı asenkron generatörlerin rüzgar enerji dönüşüm sistemlerinde kullanılabilme durumlarını araştırıp açıklayınız.
5. Asenkron generatör aynı gücü farklı hızlarda çalışırken üretebilmektedir. Asenkron generatörün bunu nasıl yapabildiğini hız-moment veya hız-güç karakteristikleri üzerinden açıklayınız.

### 3. Genel Bilgiler

#### 3.1. Asenkron Makinada Kayma

Asenkron motorun çalışma ilkesine göre motorun dönme sayısının senkron dönme sayısına ulaşmadığı ve bu hızdan daha düşük bir hızda döndüğü bilinmektedir. Eğer ulaşırsa, stator döner alanı rotor sargılarını kesemez. Rotor sargılarında gerilim ve akım endüklenmez, moment sıfır olur. Makinanın çalışma biçimini tanımlayan önemli bir çalışma büyüklüğü vardır. Bu büyüklüğe kayma denir ve aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{n_r}{n_s} \quad (1)$$

$n_r = n_s - n$  rotor döner alanının rotora göre bağlı dönme sayısıdır. Makinanın  $2p$  kutuplu olduğunu varsayalım:

$$\omega_s = 2\pi f_s = 2\pi \frac{pn_s}{60} \quad \omega_r = 2\pi f_r = 2\pi \frac{pn_r}{60} \quad (2)$$

(2) bağıntıları kullanılırsa  $s$  kayması:

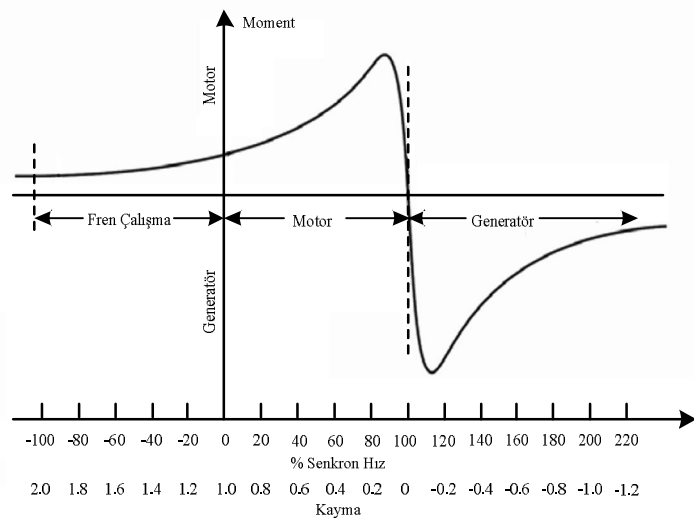
$$s = \frac{f_r}{f_s} \quad (3)$$

olarak yazılır. **Başka bir deyimle, kayma, rotor akımlarının frekansı ile stator akımları frekansı oranıdır.** Stator akımları frekansının sabit olduğunu varsayarsak rotor akımlarının frekansının artması,

kaymanın artmasına, motorun dönme hızının azalmasına ve bu frekansın azalması ise rotorun dönme hızının artmasına karşı düşer. Rotor akımlarının frekansı, stator döner alanın rotoru kesme hızı ile orantılıdır. Rotor dururken  $n=0$ ,  $s=1$  ve teorik olarak rotor senkron hızda dönebilse  $n=n_s$  ve  $s=0$  olur. Daha önce açıklandığı gibi asenkron motorun dönme sayısı  $n_s$  senkron hızına ulaşamaz. Asenkron motor dışarıdan döndürülürse  $n > n_s$  olduğundan  $s < 0$  olur. Bu tür çalışmaya **asenكرون generatör çalışma** denir. Bu koşul,  $n_s - n = -n_r$  ya da  $\omega_s - \omega = -\omega_r$

$$s = -\frac{n_r}{n_s} < 0 \quad (4)$$

dır.  $n < 0$  olursa rotor döner alana karşı ters düşer.  $s > 1$  olur bu çalışmaya da fren çalışması denir. Bu tür çalışmalar Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Asenkron motorda s kaymasına göre çalışma durumları

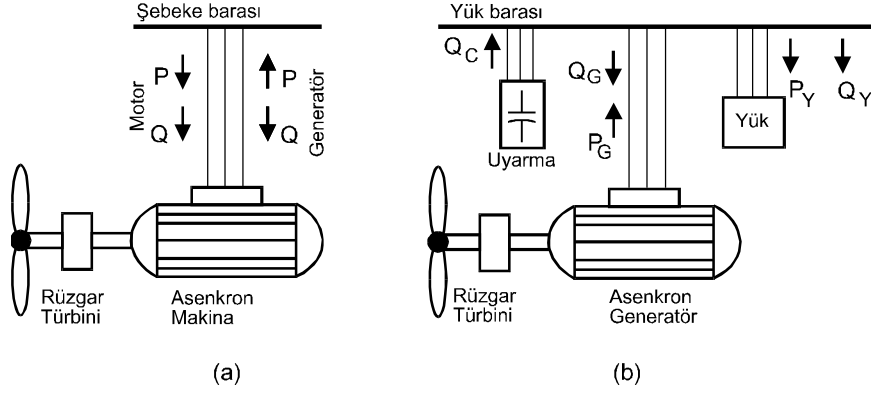
### 3.2. Asenkron Generatörün Çalışma İlkesi

Asenkron makinalar, senkron hızlarının üzerinde döndürülürse generatör olarak çalışırlar. Ancak, senkron generatör ve DA generatörlerinde gerekli mıknatıslanmayı oluşturmak için uyarma sargıları bulunurken, asenkron makinede böyle bir sargı yoktur. Dolayısıyla döndürme momentinin yanı sıra, uyarma işlemi de çözülmesi gereken bir problemdir. Gerekl moment rüzgar türbininden karşılanırken (su türbini ve buhar türbini gibi bir tahrik sistemlerinden de karşılanabilir), asenkron generatör terminallerinin bağlantı durumuna göre, gerekli uyarma şebekeden karşılanabileceği gibi kondansatör gruplarından da karşılanabilir. Bu iki durum, Şekil 2.a ve b’de görülmektedir.

Şekil 2.a’da asenkron makina şebekeye paralel bağlanmıştır. Miline herhangi bir döndürme momenti uygulanmazken şebekeye bağlı olan asenkron makina şebekeden P aktif ve Q reaktif güçlerini alıp **motor** olarak çalışır. Türbinden asenkron makina miline bir döndürme momenti uygulandığında, eğer dönme hızı senkron hızın altında ise makina motor olarak çalışmasını sürdürür. Hız senkron hızın üzerine çıkınca, asenkron makina şebekeden Q reaktif gücünü almayı sürdürür, ancak şebekeye P aktif gücü verir. Bu durumda, asenkron makina şebekeden aldığı reaktif gücü kullanarak, uyarmayı sağlar ve gerekli mıknatıslanmayı oluşturup **generatör** olarak çalışır.

Asenkron generatörün doğrudan doğruya bir yükü beslemesi Şekil 2.b’de görülmektedir. Burada asenkron makina, rüzgar türbini tarafından senkron hızının üzerinde döndürülmektedir. Makina

terminallerine paralel bağlı kondansatörler mıknatıslanma için gerekli uyarmayı sağlarlar. Uyarma kapasitif olduğundan, generatör tarafından üretilen P aktif gücü, doğrudan yüke aktarılmaktadır. Kondansatörlerin ürettiği Q reaktif gücünün bir kısmı generatör, bir kısmı da yük tarafından kullanılır. Dolayısıyla, uyarma kondansatörlerinin gücü hesaplanırken, generatör uyarma gücünün yanısıra, yük için gerekli reaktif güç miktarı da dikkate alınmalıdır. Eğer yük omik ise reaktif güce ihtiyacı olmaz ve kondansatörler sadece generatörün uyarması için gerekli reaktif gücü karşılarlar. Şekil 2.b'nin de yardımıyla;



Şekil 2. Asenkron generatörün şebekeye ve yalnız bir yüke bağlanması

$$Q_C = Q_G + Q_Y \quad (5)$$

yazılabilir. Eğer yük omik ise,  $Q_Y = 0$  VAR, ve  $Q_C = Q_G$  dir. Buradaki  $Q_G$  generatörün uyarılması için gerekli reaktif güç olup, nominal değerler dikkate alındığında, asenkron makinanın motor olarak çalışması sırasında şebekeden çektiği reaktif güç kadardır. Yani asenkron makina nominal değerlerinde motor olarak çalışırken şebekeden hangi reaktif gücü çekiyorsa, nominal değerlerde generatör olarak çalışırken de aynı reaktif güce ihtiyaç duyar. Bu nedenle asenkron generatör uyarma kondansatörlerinin değerleri hesaplanırken aynı makinanın motor olarak çalıştığı duruma ilişkin veriler kullanılabilir

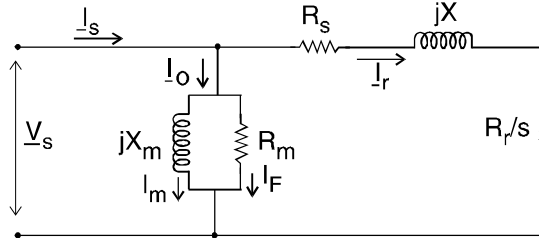
### 3.3. Asenkron Generatörün Eşdeğer Devresi

Şekil 3 de verilen eşdeğer devre kullanılarak, asenkron generatörün rotorundan statoruna akan aktif güç, rotordaki  $I^2R$  kayıpları, rotor miline uygulanması gereken mil giriş gücü, statordaki  $I^2R$  kayıpları, demir kayıpları, dönme ve sürtünme kayıpları ve generatörden yük ya da şebekeye verilen aktif güç belirlenebilir. Ayrıca kaçak ve mıknatıslanma reaktanslarında harcanan reaktif güçler, makinada harcanan toplam reaktif güç ve generatörün ürettiği toplam görünür güç, stator faz akımı, güç katsayısı ve generatörün verimi hesaplanabilir.

Generatör çalışmada  $n > n_s$  olduğundan  $s < 0$  dir. Dolayısıyla eşdeğer devredeki  $R_r/s$  teriminin sonucu generatör için negatif olur. Bu negatif direnç anlamına gelir ve güç akışının statordan rotora doğru değil rotordan statora doğru olduğunu gösterir. Özetle asenkron makina generatör çalışma durumunda,

- i.  $n > n_s$  olduğundan  $s < 0$  dir.
- ii. Stator akımı  $I_s$ 'nin fazı  $180^\circ$  değişir.
- iii. Generatör şebekeye elektrik gücü verir.  $P_e = 3V_s I_s \cos \varphi_s < 0$  elektrik gücü motor çalışmasına göre yön değiştirir.

- iv. Makina milinden mekanik güç alır ve elektrik uçlarından bağlı olduğu şebekeye elektrik enerjisi verir.  $P_m > 0$  ve  $P_e < 0$  olur.



Şekil 3. Asenkron generatörün faz başına eşdeğer devresi

#### 4. Deneyin Yapılışı

Deney iki aşamalı olarak yapılacaktır. Bunlardan ilki asenkron generatörün şebeke uyarımlı olarak çalıştırılması, ikincisi de sığaç (kondansatör) uyarımlı olarak çalıştırılmasıdır. Her iki durum için gerekli bağlantıları ayrı ayrı açıklanan biçimde oluşturunuz.

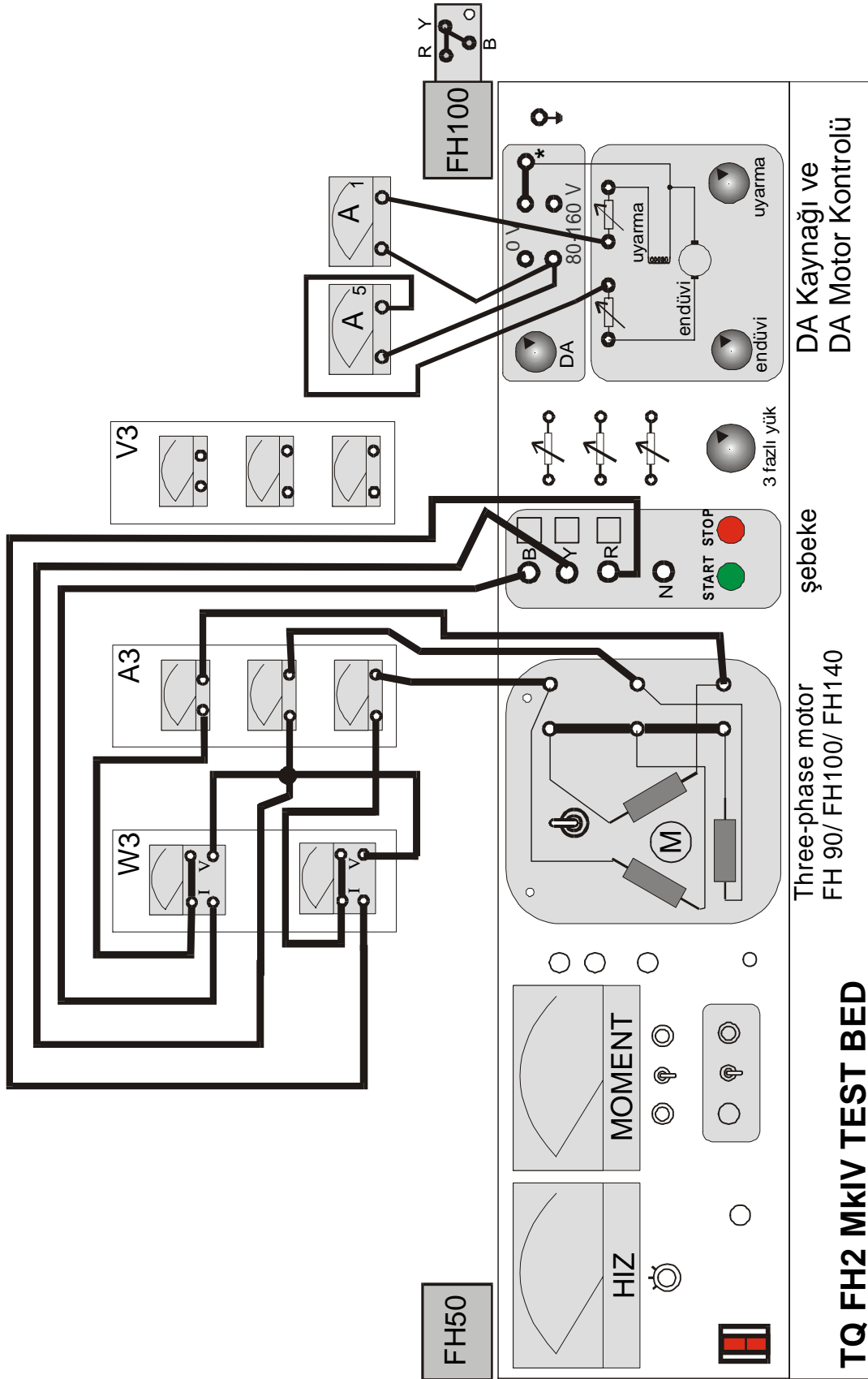
##### 4.1. Şebekeye Bağlı Asenkron Generatör Çalışması

- 1) Şekil 4'ün DA motoruna ait bölümde verilen bağlantıları yapınız. DA motoru ile ilgili bağlantıları bitirince asenkron makina ile ilgili henüz hiçbir bağlantı yapmayınız. DA motorunu besleyen DA kaynağı uçlarına bir voltmetre bağlayınız. Uyarıma akımını ölçmek için 250-500 mA'lik ampermetreyi, endüvi akımını ölçmek için de 1.5-3 A'lik ampermetreyi kullanınız. Deney setine enerji vermeden önce endüvi direncini sonsuz, uyarıma direncini ise 700  $\Omega$  kademesine getiriniz. Daha sonra deney setine enerji veriniz. DA besleme gerilimini 110 V'a ayarlayınız. Endüvi direncini değiştirerek makina'yı çalıştırınız. Dönüş yönünü tespit ediniz. Motorun dönüş yönü sonraki adımlarda önemlidir.
- 2) DA motorunun hızını sıfıra indiriniz. Ayarlı DA kaynağının gerilimi minimum düzeydeyken, endüvi ve uyarıma devresindeki ayarlanabilir dirençler hızı sıfıra indiremiyorsa, kaynaktan endüvi devresine giden bağlantı kablosunu kaynaktan ayırınız. Deney setinin enerjisini kesiniz.
- 3) Asenkron motor (ASM) ile ilgili bağlantıları yapınız. Kullanılan motor rotoru sargılı bir ASM olduğu için, rotor sargısı çıkış uçlarını kısa devre ederek yıldız bağlamayı unutmayınız. ASM'nin stator sargılarını da Şekil 4'de gösterildiği gibi yıldız bağlayıp, çıkış uçlarını ampermetre ve wattmetreler üzerinden şebekeye bağlayınız.
- 4) ASM'nin stator çıkış uçları arasındaki faz-faz gerilimini ölçmek için bir voltmetre bağlayınız.
- 5) Deney setine enerji vererek asenkron motoru çalıştırınız ve dönüş yönünü tespit ediniz. **Asenkron motorun dönüş yönü daha önce tespit ettiğiniz DA motoru dönüş yönü ile aynı olmalıdır.** Eğer asenkron motorun dönüş yönü daha önce tespit ettiğiniz DA motoru dönüş yönü ile aynı değilse deney setinin enerjisini kesip, şebekeye bağlı uçlardan ikisinin yerlerini değiştiriniz.
- 6) Asenkron makina, DA motoru ile aynı yönde dönmeye başlayınca, DA motoru endüvi devresinin daha önce kaynaktan ayırdığımız kablosunu yerine takınız.
- 7) DA motorunun hızını artırmadan asenkron makina henüz motor olarak çalışırken ilk ölçümlerinizi yapınız.

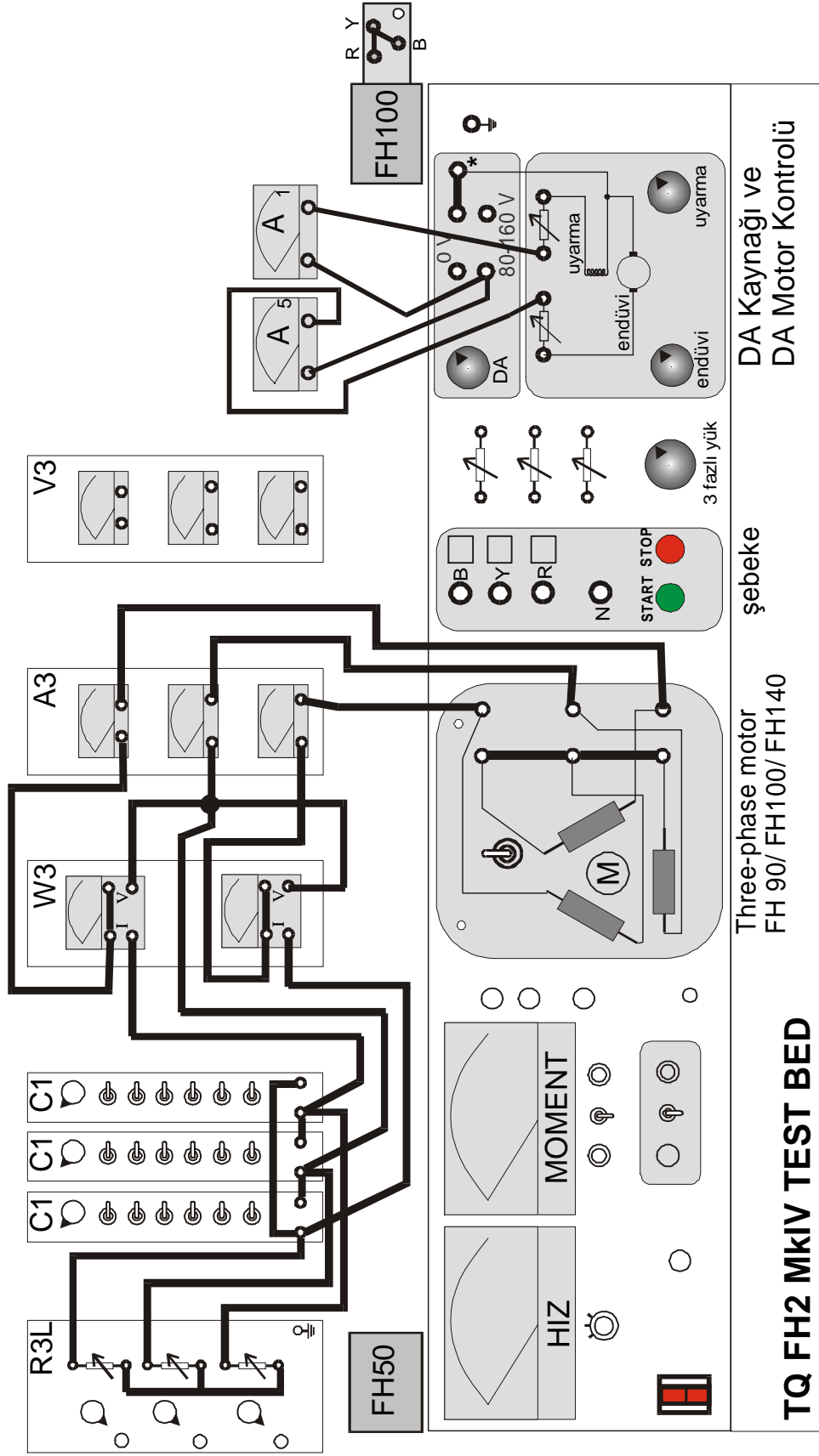
- 8) DA motorunun hızını kademeli olarak artırıp, terminal gerilimi, hat akımı, dönme hızı ve güç değerlerini kaydediniz. Bu işlemi değişik hız kademelerinde yaparak deney rapor tutanağındaki Tablo 1'e yazınız.
- 9) Ölçme işlemleri tamamlanınca deney setinin enerjisini kesiniz.

#### 4.2. Kondansatör Uyarımlı Asenkron Generatör Çalışması

- 1) Deneyin bir önceki kısmında yaptığımız bağlantıları sökmeden bırakınız. Yalnız asenkron motor stator sargılarının ampermetre ve wattmetreler üzerinden şebekeye bağlanmış olan uçlarını şebekeden ayırınız. Bu işlemi yaparken ampermetre ve wattmetreler devrede kalacak şekilde sadece şebekeye bağlı olan uçları çıkarıp boşta bırakınız. Diğer bağlantılar aynı kalsın.
- 2) Şekil 5'de verilen C1 kondansatör kutularından 3 adedini bir araya getirip üçgen bağlayarak üç fazlı bir kondansatör grubu elde ediniz. Kondansatör kutularını 4  $\mu\text{F}$  değerine ayarlayıp, şarj/deşarj anahtarınıdeşarj konumuna getiriniz.
- 3) Şekil 5'de verilen R3L direnç kutusunda bulunan bir fazlı 3 adet ayarlı direnci yıldız bağlayıp 3 fazlı ayarlı bir direnç yükü elde ediniz. Dirençlerin ayarını maksimuma (sonsuz) getiriniz.
- 4) Kondansatör grubu ile 3 fazlı direnç yükü birbirine paralel bağlayınız.
- 5) İlk aşamada şebekeden ayırmış olduğunuz asenkron makina stator çıkış uçlarını bu direnç-kondansatör grubuna bağlayınız.
- 6) DA motorunun gerilimini minimuma, endüvi ve uyarma devresindeki dirençleri maksimuma ayarlayınız ve deney setine enerji veriniz.
- 7) Doğru akım motorunun hızını yavaş yavaş asenkron motorun nominal hızına ulaşıncaya kadar artırınız.
- 8) Bu anda asenkron makinaya herhangi bir gerilim uygulanmadığından, asenkron makina terminallerine bağlı voltmetreden herhangi bir gerilim okunmaz veya çok küçük bir artık (remanans) gerilimi okunur.
- 9) Kondansatör kutusundaki şarj/deşarj anahtarlarını aynı anda **şarj** konumuna getiriniz. Şimdi voltmetreden 200-250 V civarında bir gerilim okuyor olmalısınız. Eğer voltmetreden 0 V okunuyorsa yukarıdaki işlemleri tekrarlayınız. Eğer gerilim üretilmişse her şey yolunda demektir. Gerilim üretilmeye başlanınca dönme hızı nominal değer altına düşebilir. Bu durumda asenkron motor gerilim üretmeye yani generatör olarak çalışmaya devam eder. DA motoru hız ayarı ile hızı artırıp azaltabilirsiniz. Fakat artık asenkron makinaya şebekeden bir gerilim uygulanmayıp miline mekanik bir moment uygulandığı için, hızı senkron hızın üzerinde olmasa da generatör olarak çalışıp gerilim üretmeye devam edebilir.
- 10) Kondansatör değerleri kademeli olarak ayarlanarak üretilen gerilimin değeri değiştirilebilir. Önce dönme hızını ve yük direncini belirli değerlerde sabit tutarak kondansatör değerlerini değiştirip terminal gerilimi, hat akımı ve güç değerlerini deney rapor tutanağındaki Tablo 2'e yazınız.
- 11) Sonra dönme hızı ve terminal gerilimi sabit kalacak şekilde değişik yük (R) değerlerinde kondansatör değerlerini ayarlayınız ve deney rapor tutanağındaki Tablo 3'e yazınız.
- 12) Ölçme işlemlerini bitirince deney setinin enerjisini kesip, bağlantıları sökünüz. Kabloları boylarına göre ayırarak düzgün bir şekilde deney masasının kenarına bırakınız.



Şekil 4. Deney bağlantı şeması – I



Şekil 5. Deney bağlantı şeması – II