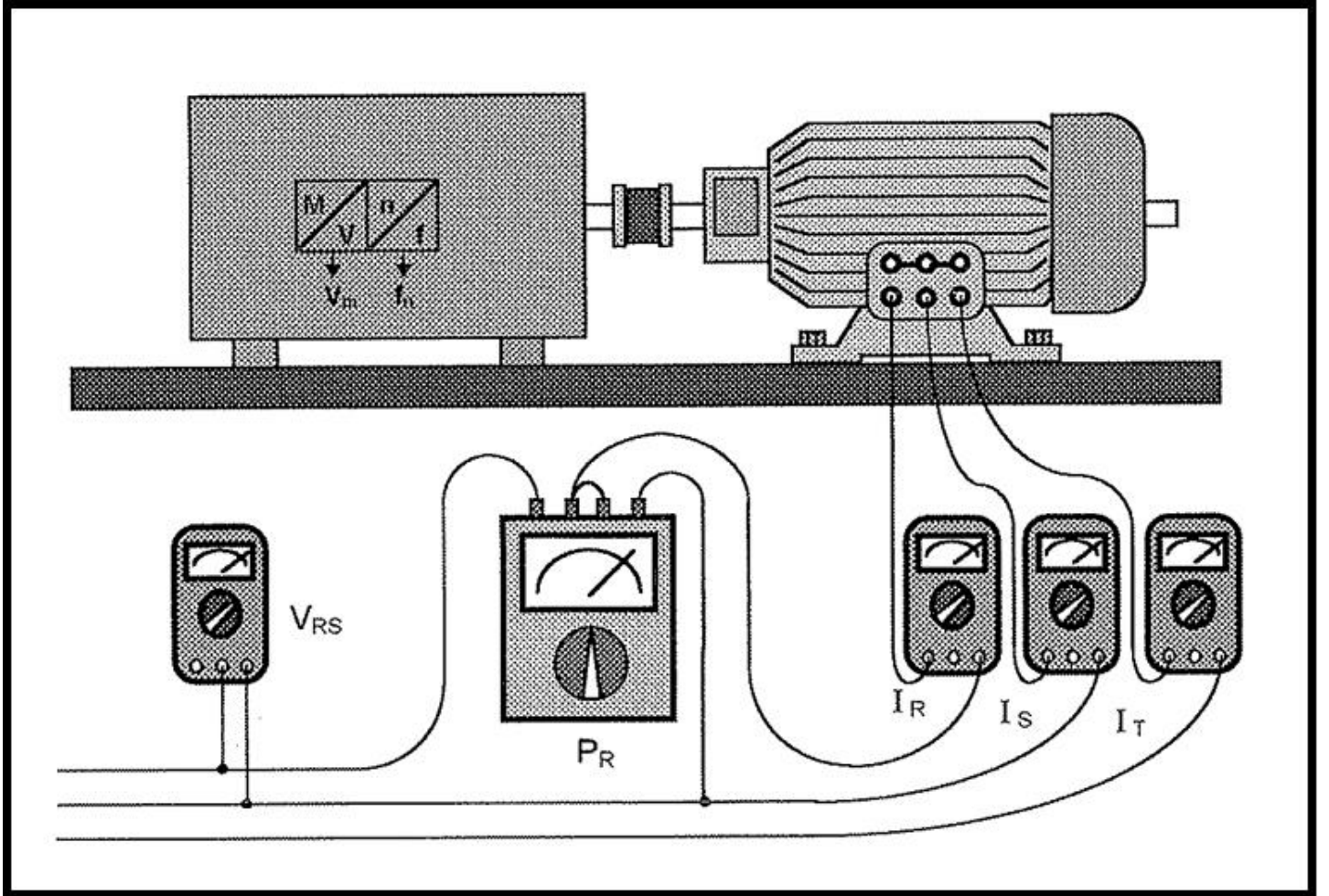




ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ



ELEKTRİK MAKİNALARI II DERSİ
LABORATUVAR DENEYLERİ



HAZIRLAYANLAR

Prof. Dr. Mustafa AKTAŞ

Arş. Gör. Seçil Genç

Arş. Gör. Barış ÇAVUŞ



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ



EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI

İÇİNDEKİLER

Deney 1: Şönt Uyarımlı Da Motorunun Çalışması

Deney 2: Serbest Uyarımlı Genaeraörün Boşta Çalışma Öz Eğrisi Ve Şönt Generatörün Çıkış Karakteristiği

Deney 3: Senkron Generatör Eşdeğer Devresi, Yükte Çalışma Ve Senkronizasyon

Deney 4: Üç Fazlı Senkron Makinanın Motor Olarak Çalıştırılması Ve “ V ” Eğrisinin Çıkarılması

EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI

DENEY 1: ŞÖNT UYARTIMLI DA MOTORUNUN ÇALIŞMASI

HAZIRLIK SORULARI

1. DA motor çeşitleri nelerdir? Her bir DA motor çeşidinin kullanım alanına örnek veriniz ve kullanım nedenini açıklayınız.
2. DA makinasının şönt motor ve serbest uyartımlı generatör olarak nasıl çalıştığını araştırınız.
3. DA motorun avantajları ve dezavantajları nelerdir?
4. DA motorlarına niçin yol verilir ve yol verme yöntemleri nelerdir?
5. Kalıcı akı nedir ve nasıl oluşur?
6. Endüvi reaksiyonunu açıklayınız.
7. Yardımcı kutup sargılarının görevi nedir?

DENEYİN AMACI:

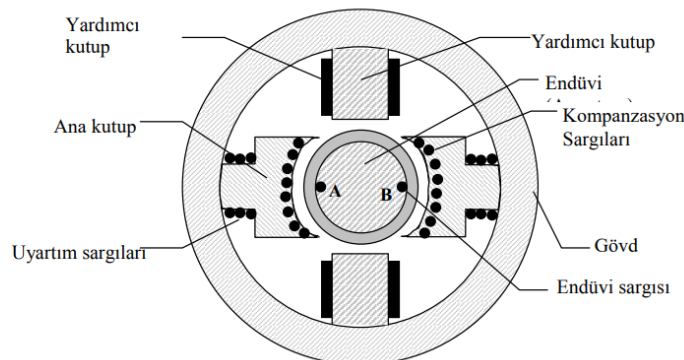
- DA motorunun yapısı ve temel özelliklerini tanımak
- Şönt Uyarmalı DA Motorunun Yük Karakteristik Eğrisinin Çıkartılması

KULLANILAN ELEMANLAR:

1. GİRİŞ

1.1. DA Motoru ve Yapısı

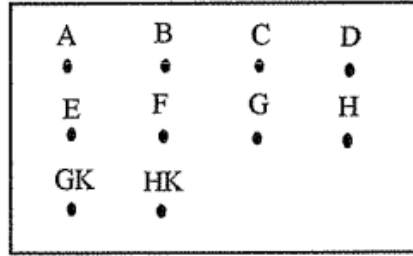
Elektriksel olarak DA makinası incelendiğinde makine üzerinde bulunan sargı uçları klemenslere bağlanarak dışarı çıkarılmıştır ve harflendirilmiştir. Doğru Akım Makinaları'nın isimlerini makinanın uyartılma şekli belirler. Çoğu DA makinalar elektromagnetik uyartım'a sahiptir ve uyartım biçimine göre Şönt (Shunt), Seri (Series) ve Kompund (Compound) makina olarak sınıflandırılırlar. Doğru akım makinası bir enerji dönüştürme elemanıdır ve giriş enerjisine göre ya motor ya da generatör olarak çalışırlar. Şekil 1'de iki kutuplu, yardımcı kutupları ve kompanzasyon sargıları olan bir doğru akım makinasının kesiti verilmiştir.



EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI

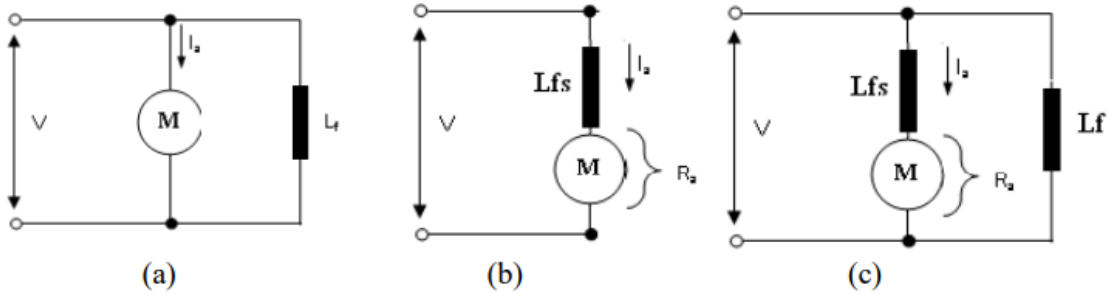
Şekil 1. İki kutuplu DA motora ait kesit

Şekil 2’de verildiği gibi sargı uçları klemens kutusunda harflerle gösterilmektedir.



Şekil 2. DA motor klemens kutusu

Küçük makinalarda yalnızca endüvi sargısı (A-B) ve uyarma sargısı (I-K) vardır. Daha büyük güçlü makinalarda (birkaç kW), yardımcı kutupsargısı (G-H) veya yardımcı kutup sargısı ve kompanzasyon sargısı (GK-HK) bulunur. Ayrıca komütasyon özelliklerini düzeltmek için (E-F) seri uyarma sargısı kullanılır. Bu sargının amper-sarımı serbest veya şönt uyarma sargısının %5-10’u kadardır. Seri uyarma sargısı alan üzerinden geniş bölgede hız ayarı yapılmasında çalışma noktalarının kararlılığını sağlar. Şekil 2’de DA motor yapıları gösterilmiştir.



Şekil 3. (a) Şönt, (b) Seri, (c) Kompund Motorun Eşdeğer Devresi

$$V = E + I_a R_a \quad (1)$$

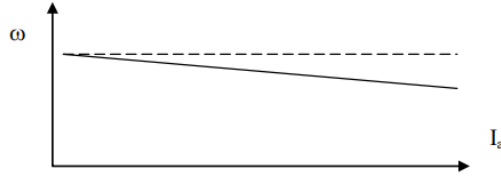
Eşitlik 1’de **V**: Endüvi (Armature) terminal besleme gerilimi **E**: Endüvi (Armature) endüklenen gerilim **I_a**: Endüvi akımı **R_a**: Endüvi direnci ve $E = k\omega\Phi$ (burada k sabit)’dir.

1.2.DA Motorunun Çıkış Karakteristiği

Hız ve endüvi akımı arasındaki ilişki denklem 2 ile ifade edilmektedir. Şekil 4’te endüvi akımının (**I_a**)’nın, motor hızına (ω) ve Şekil 5’te momente bağlı değişimi gösterilmiştir.

$$\omega = \frac{E - I_a R_a}{k\Phi} \quad (2)$$

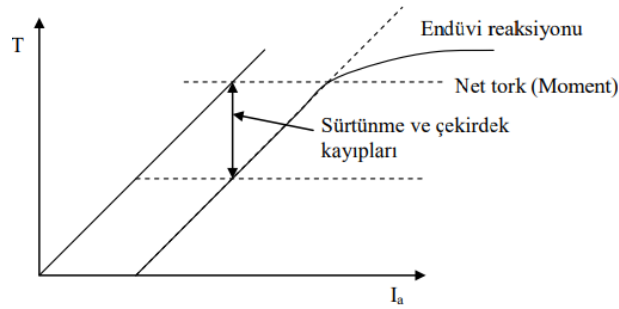
EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI



Şekil 4. Hız-Endüvi akımı grafiği

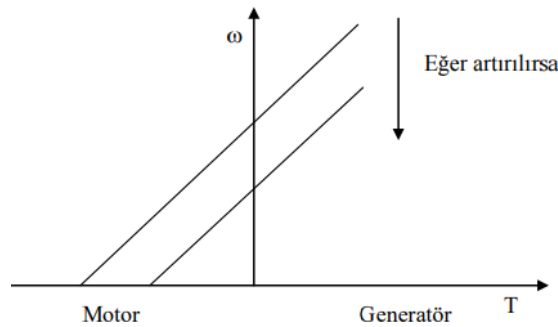
Endüvi akımı, I_a hıza bağlı olduğundan moment ile hız arasında denklem 3'teki gibi bir ilişki vardır. Şekil 5'te I_a 'nın momente bağlı değişimi gösterilmiştir.

$$T = \frac{k\Phi}{R_a}(V - k\omega\Phi) \quad (3)$$



Şekil 5. Moment-Endüvi akımı grafiği

DA makinasının moment ve hız durumlarına göre bölgesel çalışması Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. DA makinasının generator ve motor çalışması

2. DENEYİN YAPILIŞI

1. Deney Sırasında Dikkat Edilmesi Gereken Durumlar

Deney sırasında generatörün hızı anma değerinde (senkron hızda) sabit tutulmalıdır.

DA motoru anma değerleri ve direnç ölçümleri

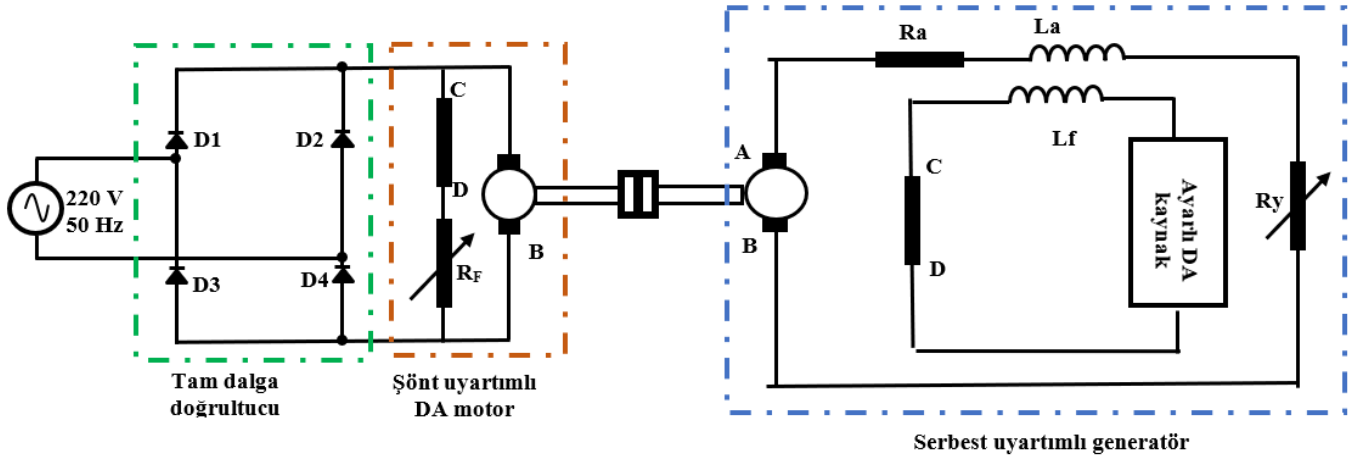
EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI

DA motorun etiketine bakarak anma değerlerine ilişkin aşağıdaki tabloyu doldurunuz. Ayrıca ohmmetre yardımı ile endüvi dirençleri ve uyarma sargısı direnç değerlerini ölçerek aşağıdaki tabloya kaydediniz.

U _n (V)	I _n (A)	P (W)	n(d/d)	U _f (V)	I _f (A)	R _a (Ω)	R _f (Ω)

Şönt Motorun Yükte Çalışması

- Şekil 7'deki deney bağlantısını gerçekleştiriniz.



Şekil 7. Deney bağlantı şeması

- Ayarlı transformatör yardımıyla DA motorun hızını anma hızına getiriniz ve uyarım akımını bu noktada sabit tutunuz.
- DA motoru yüklemek için, DA generatörün endüvi sargılarına bağlı seri direnci uygun aralıklarla arttırınız. Her bir generatör yük akımı değerine karşılık gelen ölçümleri not alarak tabloyu doldurunuz.
- Deney sonunda önce generatöre bağlı direnci sıfıra getiriniz. Sonrasında, şönt uyarımlı motorun uyarım akımını sıfıra getirerek, DA motoru durdurunuz.

	Motor hızı (dev/dk) n	Motor gerilimi (V) V _a	Motor Akımı (A) I _a	Generatör Yük Akımı I _g
Şönt				
Motorun				
Boşta				
Çalışması				
1. Şekil				

7'deki deney bağlantısını gerçekleştiriniz.



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ



EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI

2. Ayarlı transformatör yardımıyla DA motorun hızını anma hızına getiriniz.
3. DA şönt motorun uyarım akımını kademeli olarak reosta yardımıyla azaltınız ve sonuçları tabloya kaydediniz.
4. Deney sonunda önce motora bağlı direnci sıfıra getiriniz. Sonrasında, şönt uyarımlı motorun uyarım akımını sıfıra getirerek, DA motoru durdurunuz.

Motor hızı (dev/dk) n	Motor gerilimi (V) V_a	Motor Akımı (A) I_a	Motor Uyarım Akımı(A) I_f

3. İSTENİLENLER

1. Deneyde kullandığınız motorun nominal değerlerini yazınız.
2. DA motor çeşitlerini devre şemalarıyla birlikte açıklayınız.
3. Seri motor neden boşta çalıştırılmaz? Denklemlerle açıklayınız
4. Şönt motor uyarım akımını değiştirerek elde edilen deney sonuçlarından yararlanarak n- V_a , n- I_a eğrilerini çizin. Sonuçları yorumlayınız.
5. Şönt generatör yük akımını değiştirerek elde edilen deney sonuçlarından yararlanarak n- V_a , n- I_a eğrilerini çizin. Sonuçları yorumlayınız.



EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI

**DENEY 2: SERBEST UYARTIMLI GENAERAÖRÜN BOŞTA ÇALIŞMA ÖZ EĞRİSİ VE ŞÖNT
GENERATÖRÜN ÇIKIŞ KARAKTERİSTİĞİ**

HAZIRLIK SORULARI

1. DA generatör çeşitlerini ayrıntılı şekilde devre şemalarını çizerek açıklayınız. Her bir DA generatör çeşidinin kullanım alanına örnek veriniz ve kullanım nedenini açıklayınız.
2. Öz uyartım nedir?
3. Şönt uyartımlı generatörün gerilim üretmeme problemleri nelerdir? Nasıl giderilir?
4. Şönt uyartımlı generatör boşta çalışırken okunan gerilim değeri neye eşittir?
5. Yeni imal edilen bir makine için kalıcı akı nasıl sağlanabilir?
6. DA generatörünün boşta çalışma öz eğrisi ve çıkış karakteristiği ne demektir?

DENEYİN AMACI:

- DA generatörünün yapısı ve temel özelliklerini tanımak
- DA generatörlerinin, yüklenme durumunda çıkış gerilimlerinin yük ile değişimlerinin incelenmesi

KULLANILAN ELEMANLAR: Reosta, DA Makinası, Ototransformatör, Tek Faz doğrultucu, Güç Analizörü, Multimetre ve Takometre.

1. GİRİŞ

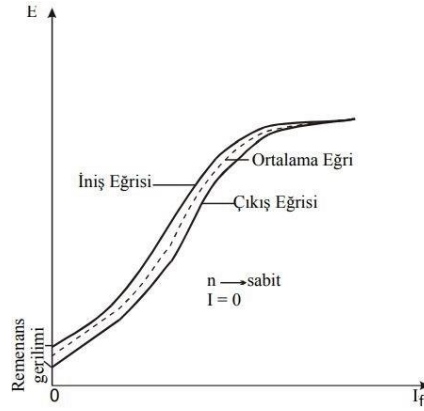
1.1. DA Generatörü ve Yapısı

Uyarma kutuplarının oluşturduğu akıdaki rotor iletkenleri dışarıdan uygulanan bir kuvvetle hareket ettirilirse rotor iletkenlerinde bir gerilim indüklenir. Rotor devresi, harici bir dirençle kapalı bir devre oluşturursa, bu indüklenen gerilim, akımın direnç üzerinden akmasına neden olur. Böylece makine bir generatör gibi çalışır. Sargılarının özelliği ve bağlantı şekillerine göre; serbest uyartımlı, şönt, seri ve komponent generatörler olarak adlandırılırlar.

1.2.Serbest Uyartımlı Generatörün Boşta Çalışma Karakteristiği

Sabit devir sayısında ve uçlarında hiç yük olmadan çalışan bir şönt generatörün uyartım akımı ile kutup gerilimi arasındaki bağıntı boşta çalışma karakteristiğini verir. Şekil 1’de serbest uyartımlı generatörün boşta çalışma karakteristik eğrisi gösterilmiştir.

EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI



Şekil 1. Serbest uyarımlı generatörün boşa çalışma karakteristik eğrisi

$$I_F = \frac{V_F}{R_F} \quad (1)$$

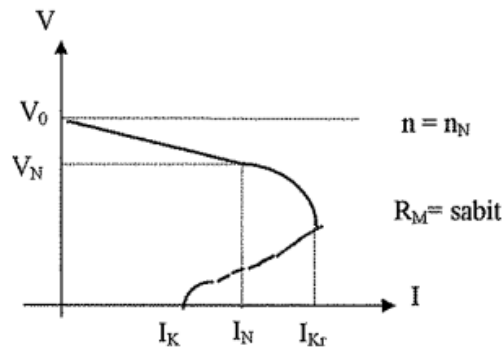
$$V_T = E_a - I_a R_a \quad (2)$$

Eşitliklerde V_T : Endüvi (Armature) terminal gerilimi, E_a : Endüvi (Armature) endüklenen gerilim, I_a : Endüvi akımı, R_a : Endüvi direnci, V_F : Uyarım (Field) besleme gerilimi, I_F : Uyarım akımı ve R_F : Uyarım direncidir. Generatör boşa çalıştığı için generatörün terminal gerilimi eşitlik 3 ile ifade edilmektedir.

$$V_T = E_a = k\omega\Phi \quad (3)$$

1.3.Şönt Generatörün Dış Karakteristiği

Uyarım akımı ve devir sayısı sabitken, yük akımı ile generatör uç gerilimi arasındaki bağıntı generatörün çıkış karakteristiğini verir. Şekil 2’de şönt generatörün dış karakteristik eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 2. Şönt generatörün dış karakteristik eğrisi

EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI

2. DENEYİN YAPILIŞI

2.1. Deney Sırasında Dikkat Edilmesi Gereken Durumlar

1. Deney sırasında generatörün hızı anma değerinde (senkron hızda) sabit tutulmalıdır.
2. Deney süresince akımın nominal değerinin altında olmasına dikkat edin. Aksi durumda rotor sargıları yanar.
3. Generatöre bağlanacak direncin değerini en yüksekte başlatarak değiştiriniz. Aksi durumda nominal akım aşılabileceğinden rotor sargıları zarar görebilir.

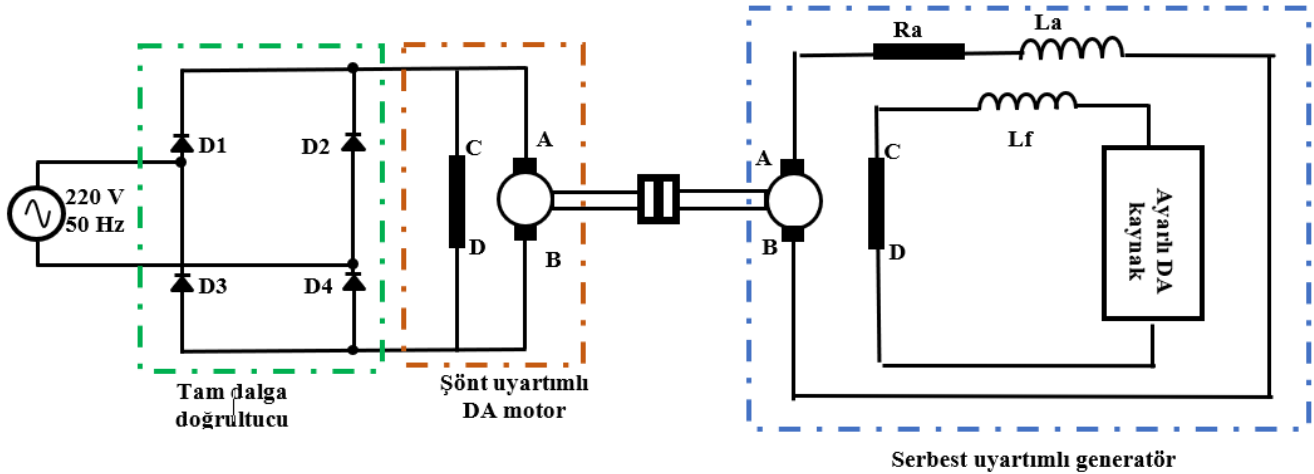
DA generatörün anma değerleri ve direnç ölçümleri

DA generatörün etiketine bakarak anma değerlerine ilişkin aşağıdaki tabloyu doldurunuz. Ayrıca ohmmetre yardımı ile endüvi dirençleri ve uyarma sargısı direnç değerlerini ölçerek aşağıdaki tabloya kaydediniz.

U_n (V)	I_n (A)	P (W)	n(d/d)	U_f (V)	I_f (A)	$R_a(\Omega)$	R_f (Ω)

Serbest Uyarımlı Generatörün Boşta Çalışması

1. Şekil 3'deki deney bağlantısını gerçekleştiriniz.



Şekil 3. Deney bağlantı şeması

2. Ayarlı transformatör yardımıyla DA motorun hızını anma hızına getiriniz ve uyarım akımını bu noktada sabit tutunuz.
3. DA serbest uyarımlı generatörünün uyarım akımı sıfır iken uç gerilimini ölçünüz. Sonrasında uyarım akımını nominal değeri aşmayacak şekilde arttırınız. Bu durumda uyarım sargılarına bağlı direnci kademeli olarak önce arttırınız ve sonrasında azaltınız. Uyarım akımı ve çıkış gerilimini Tablo 2'ye yazınız. İniş ve çıkış durumlarında elde edilen sonuçları tabloya yazınız.

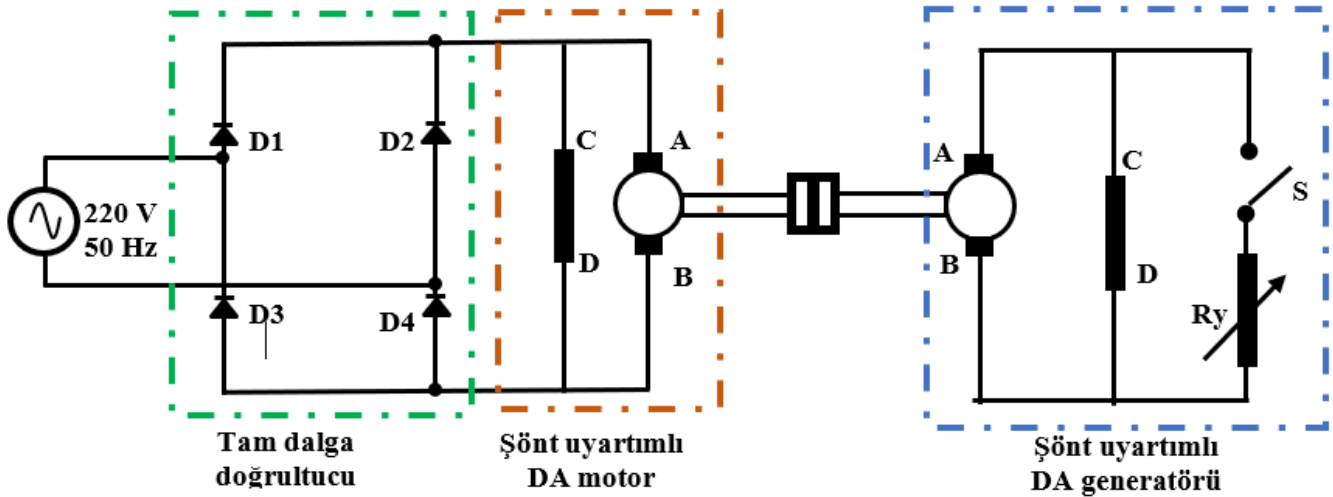
EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI

4. Deney sonunda önce generatöre bağlı direnci sıfıra getiriniz. Sonrasında generatör uyarım akımını sıfıra getiriniz. Son olarak, şönt uyarımlı motorun uyarım akımını sıfıra getirerek, DA motorunu durdurunuz.

I _f (A)	V _ç (V) -Çıkış	V _ç (V) -İniş

Şönt Generatörün Yükte Çalışması

1. Şekil 4'deki deney bağlantısını gerçekleştiriniz.



Şekil 4. Deney bağlantı şeması

2. Ayarlı transformatör yardımıyla DA motorun hızını anma hızına getiriniz.
3. Şönt generatörlerde uyarım devresi direnci sabit tutulsa bile uyarım akımı yük arttıkça bir miktar azalır. Bunun nedeni; Endüvi reaksiyonu ve iç dirençten dolayı düşen gerilimin uyarım sargılarına da aynen yansımastır. Devir sayısı sabitken, yük direnci devreye alınarak nominal gerilim altında, nominal akım elde edinceye kadar yük ve uyarım akımı ile ayar yapınız.
4. Uyarım devresinde nominal uyarım akımı geçerken generatörün bütün yükünü kaldırınız. Bu noktada uyarım akımını bütün deney boyunca sabit tutunuz.



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ



EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI

5. Generatör boşa çalışırken generatör uç gerilimini tabloya kaydediniz. Sonrasında yükü kademeli olarak nominal akım değerini aşmayana kadar arttırınız. Her kademedeki yük akımı, yük direnci, endüvi akımı ve uyarım akımı ve uç gerilimini tabloya yazınız.
6. DA Genaraörün uyarım akımını sıfır iken uç gerilimini ölçünüz. Yükte çalışmadaki uyarım akımlarına karşılık gelen boşa çalışma gerilimlerini tabloya kaydediniz. Sonuçları tabloya ekleyiniz.

GENERATÖR YÜKSÜZ DURUMDA		GENERATÖR YÜKLÜ DURUMDA				
$I_F(A)$	$V_T(V)$	$R_y(\Omega)$	$I_y(A)$	$I_F(A)$	$I_a(A)$	$V_T(V)$

7. Şönt uyarımlı DA generatörünün uyarım sargı uçlarını yer değiştirerek tekrar deneyleri gerçekleştiriniz. Sonuçları yazınız.
8. Deney sonunda önce generatöre bağlı yük direncini sıfıra getiriniz. Sonrasında generatör uyarım akımını sıfıra getiriniz. Son olarak, şönt uyarımlı motorun uyarım akımını sıfıra getirerek, DA motorunu durdurunuz.

3. İSTENİLENLER

1. Deneyde kullandığınız motorun nominal değerlerini yazınız.
2. Serbest uyarımlı generatörün boşa çalışma öz eğrisini çiziniz. Sonuçları yorumlayınız.
3. Şönt generatörün dış karakteristik eğrisini çiziniz. Sonuçları yorumlayınız.
4. Uyarım akımının yükte birlikte azalmasının nedenini açıklayınız.
5. Şönt generatörün dış karakteristiğini elde etmek için gerçekleştirdiğiniz deneyde 7. Adımdaki sonuçları ayrıntılı olarak açıklayınız.



DENEY 3: SENKRON GENERATÖR EŞDEĞER DEVRESİ, YÜKTE ÇALIŞMA VE SENKRONİZASYON

HAZIRLIK SORULARI

1. Senkron generatör çeşitleri nelerdir? Birbirleri arasındaki çalışma ve yapısal benzerlik/farklılıkları yazınız.
2. Senkron generatör fazör diyagramını omik, endüktif ve kapasitif yük durumları için ayrı ayrı çiziniz.
3. Senkron generatörün rotor yarıçapı ve eksenel boyunun dönme hızı ile ilişkisini açıklayınız.
4. Bir santralde üretilen gerilimin değerinin düşmesi durumunda ne gibi önlemler alınabilir?
5. Senkronizasyon nedir ne neden gereklidir?
6. Senkronizasyon işlemi gerçekleştirilmeden generatör devreye alınırsa ne gibi durumlar oluşabilir?

DENEYİN AMACI:

- Senkron generatörün yapısı ve temel özelliklerini tanımak
- Senkron generatörün eşdeğer devresinin elde edilmesi
- Senkron generatörün yükte çalışması
- Generatör ile şebeke arasındaki senkronizasyonun sağlanması

KULLANILAN ELEMANLAR:

DA motor, senkron generatör, ayarlı DA gerilim kaynağı, ayarlı transformatör, köprü doğrultucu, voltmetre, ampermetre, senkronoskop, lamba test düzeneği.

1. GİRİŞ

1.1. Senkron Generatör ve Yapısı

Senkron makine yapısında AA akım taşıyan faz sargıları ve DA akım taşıyan alan sargısı olmak üzere iki sargı bulunmaktadır. Eğer faz sargıları AA gerilim ile alan sargıları ise DA gerilim ile beslenirse makine generatör olarak çalışır ve elektrik enerjisi mekanik enerjiye döndürülmüş olur. Eğer alan sargısı DA gerilimle beslenirse ve makine mili bir dış mekanik kuvvet kaynağı (dizel motor, gaz türbini vb.) ile döndürülürse faz sargılarından AA gerilim elde edilir ve mekanik enerji elektrik enerjisine döndürülmüş olur.

Senkron generatörlerde rotor üzerinde bulunan sargıların dış devre ile bağlantısı fırça-bilezik düzenekleri ile sağlanır. Üretilen gerilimin doğrultma durumu olmadığı için komütatör yapısı bulunmaz.

Senkron generatörün boşa çalışma gerilim generatör fazlarında endüklenen gerilime eşittir. Stator fazında endüklenen gerilim;

$$E = 4.44N_sK_wf\Phi_l$$

EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI

Burada;

- E: Faz başına endüklenen gerilimin etkin değeri (V)
- N_s : Faz başına stator sarım sayısı
- K_w : Sargı dağılımına ve kutup adımına bağlı sarım katsayısı
- f: Statorda endüklenen gerilimin frekansı (Hz)
- Φ_1 : Kutup başına akının ana harmoniğinin değeri (Wb)

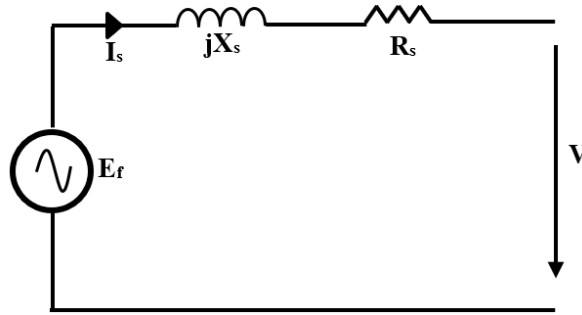
Bu eşitlikte frekans ile senkron generatörün mil hızı n (devir/dakika) arasındaki ilişki aşağıdaki gibi verilebilir. Ayrıca kutup başına düşen manyetik akının değeri alan sargısından akan akım ile orantılıdır ancak manyetik doyma olgusu nedeniyle oran doğrusal değildir.

$$f = \frac{pn}{60}$$

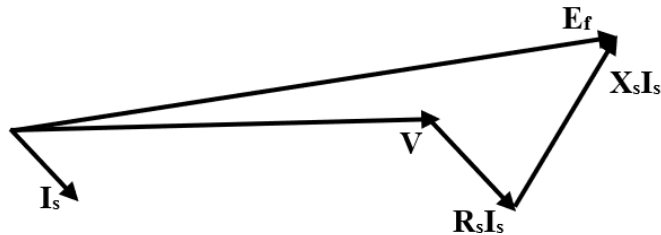
Burada p makinenin kutup çifti sayısıdır. Bu denklemler üç fazlı bir senkron generatörün ürettiği e.m.k.'nin genliğini ve frekansının hız ve uyartım akımı ile ayarlanabileceğini göstermektedir.

1.2. Senkron Generatör Eşdeğer Devresi

Bir senkron generatörün sürekli durum için geçerli eşdeğer devresi Şekil 1'de verilmiştir. Eşdeğer devreye ait fazör diyagram ise Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Senkron generatör eşdeğer devresi



Şekil 2. Senkron generatör fazör diyagramı

Şekil 1'de verilen eşdeğer devreye göre makinenin her fazında bir iç empedans ($R_s + jX_s$) ile yalnızca uyartım akımı I_f 'ye bağımlı olan bir iç E.M.K. (E_f) olduğu görülmektedir. Bu E.M.K. $E_f = N_s d\phi_f / dt$ şeklinde

EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI

tanımlanabilir. Ayrıca her bir fazın gerilimi sadece uyarım akımına bağlı E.M.K.'ye değil aynı zamanda stator akımına da bağlıdır. Bu nedenle hava aralığı E.M.K.'si $E = N_s d(\phi_f + \phi_s)/dt$ olarak yazılabilir.

Eşdeğer devre büyüklüklerinin bulunabilmesi için aşağıdaki deneyler gerçekleştirilir.

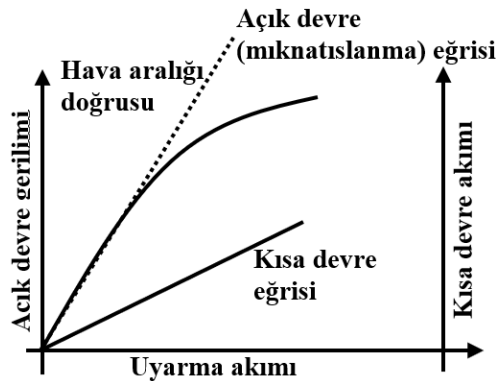
- Açık devre deneyi
- Kısa devre deneyi

Açık devre deneyin

Açık devre testi ile açık devre çalışma özegrisi (veya mıknatıslanma doyum eğrisi) elde edilir. Senkron generatörün stator sargılarının uçları açık devre iken rotor dışarıdan senkron hızda döndürülür. Uyarım akımı uygun aralıklarla artırılarak stator sargı uç gerilimleri ölçülür. Buradan elde edilecek üç gerilimi-uyarma akımı eğrisinde gerilim eksenini, kutup başına akı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle elde edilen eğri aynı zamanda kutup akısının uyarım akımına göre değişimini ifade etmektedir. Bu özegrini genel haliyle Şekil 3'te verilmiştir.

Kısa devre deneyi

Kısa devre deneyinde rotor sargısı uçları ampermetreler üzerinden kısa devre edilirken rotor senkron hızda döndürülür. Senkron generatöre uygulanan uyarım akımı belirli aralıklarla artırılarak stator kısa devre akımları ölçülür. Bunun sonucu olarak kısa devre akımının uyarım akımına göre değişimi özegrini elde edilir. Elde edilen grafik genel haliyle Şekil 3'te verilmiştir. Bu deney sırasında statordaki akım tamamen iç empedansa (direnc ve kaçak reaktans) ve endüvi reaksiyonuna bağımlıdır. Kısa devre akımı ile onu oluşturan E.M.K. arasındaki faz açısı yaklaşık 90° 'dir ve endüvi reaksiyonu MMK ters mıknatıslanma yönündedir. Bu nedenle elde edilen özegrini yaklaşık olarak doğrusaldır.



Şekil 3. Açık devre ve kısa devre eğrileri

1.3. Senkronizasyon

Enerji üretiminde kullanılan senkron generatörler genellikle birbirleri ile paralel ya da aynı şebekeye bağlanmış olarak işletilirler. Enerji sisteminin durumuna göre santraller (dolayısıyla senkron generatörler) devreye alınır ya da devreden çıkartılırlar. Bir senkron generatörün enerji sistemine bağlanması işlemine

EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI

senkronizasyon adı verilir. Senkronizasyon işleminin gerçekleştirildiği noktada çok yüksek akımlara neden olmamak için aşağıdaki koşulların gerçekleştirilmesi gereklidir.

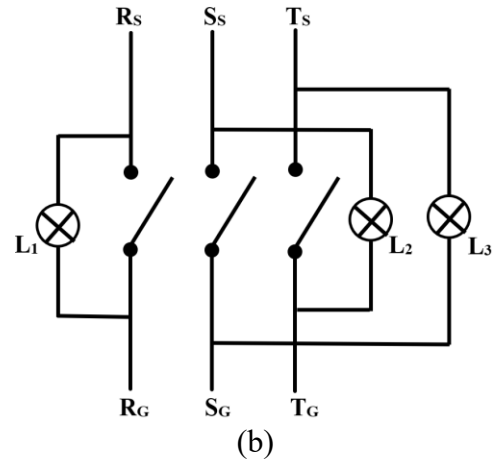
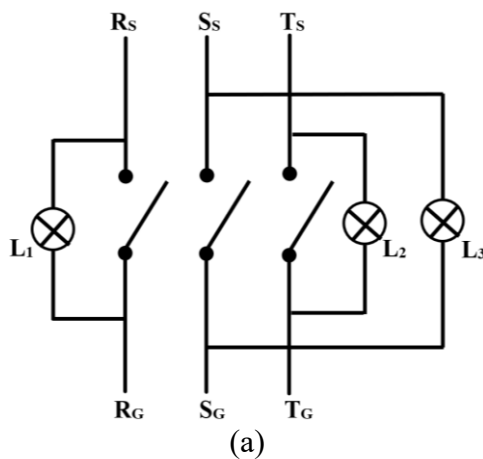
- Generatör uç gerilimi ile generatörün bağlanacağı enerjili sistemin gerilimi bağlantı noktasında eşit olmalıdır.
- Generatör gerilimlerinin faz sırası ile enerji sisteminin faz sırası aynı olmalıdır.
- Generatör gerilimi ile sistem geriliminin frekansları aynı olmalıdır.
- Senkronizasyon anında generatör faz gerilimi ile sistem faz gerilimleri eş fazlı olmalıdır (faz farkı olmamalıdır).

Senkronizasyon işleminde öncelikle yukarıda verilen şartlar yerine getirilmelidir. Generatör gerilimi ile sistem geriliminin eşit olması koşulu iki voltmeter veya sıfır voltmeteri ile sınanabilir. Faz sırası uygunluğu bir asenkron motor yardımıyla sınanabilir. Asenkron motor hem generatör hem de sistem uçlarına bağlanarak faz sırası denetlenebilir. Ayrıca faz sırası gösterge cihazları ile gerçekleştirilebilir. Bunlara ek olarak *söner lamba* ve *iki yanar bir söner lamba* yöntemi (döner lamba yöntemi) ile de sına yapılabilir.

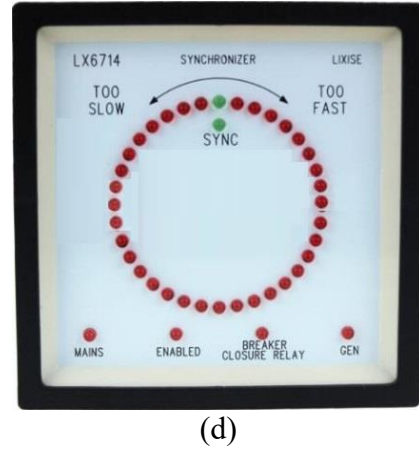
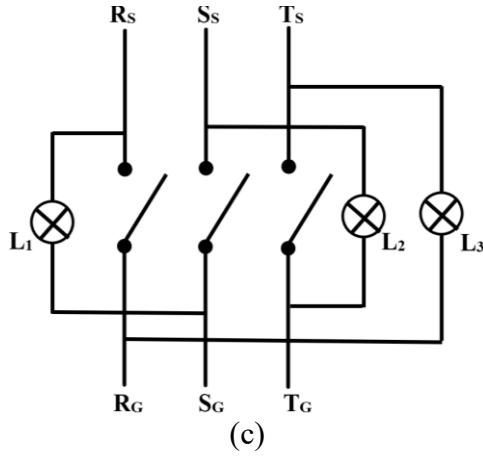
Generatör ile sistem arasındaki frekans farkı frekansmetre, yanar, söner veya döner lamba bağlantılarından herhangi biriyle sınanabilir. Lamba yöntemlerinde lambalar üzerindeki gerilimin frekansı generatör ile sistem frekansı arasındaki farka eşittir.

Bütün koşullar sağlandıktan sonra söner ya da döner lamba bağlantılarından birisi kullanılarak generatör devreye sokulur.

Generatör ve sistem arasındaki senkronizasyon anını belirlemek için farklı yöntemler bulunmaktadır. Yukarıda bahsedilen yöntemler ve lamba bağlantı türleri küçük güçlü sistemlerde kullanılırken yüksek güçlü uygulamalarda senkronoskop kullanılmaktadır. Lamba bağlantı yöntemleri ve senkronoskop görseli Şekil 4'te verilmiştir.



EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI



Şekil 4. Senkronizasyon belirlleme yöntemleri a) Söner lamba yöntemi b) döner lamba yöntemi c) yanar lamba yöntemi d) senkronoskop

2. DENEYİN YAPILIŞI

2.1. Deney Sırasında Dikkat Edilmesi Gereken Durumlar

- Deney sırasında generatörün hızı anma değerinde (senkron hızda) sabit tutulmalıdır. Kısa devre deneyinde yapılan kısa devre bağlantıları simetrik olmalıdır. Hesaplama yapılırken ölçülen değerlerin faz değerlere dönüştürülmüş olması gerekmektedir.

2.2. Senkron generatör anma değerleri ve direnç ölçümleri

- Senkron generatörün etiketine bakarak anma değerlerine ilişkin aşağıdaki tabloyu doldurunuz. Ayrıca ohmmetre yardımı ile stator faz dirençleri ve uyarma sargısı direnç değerlerini ölçerek aşağıdaki tabloya kaydediniz.

U_n (V)	I_n (A)	S (kVA)	n_s (d/d)	U_f (V)	I_f (A)	R_s (Ω)	R_f (Ω)

2.3. Açık devre deneyi

- Şekil 5'te verilen deney bağlantısını gerçekleştiriniz.
- Ayarlı transformatör yardımıyla DA motorun hızını generatör anma hızına getiriniz.
- Uyartım akımını uygun aralıklarla arttırarak stator uç gerilimini anma değerinin %25 fazlasına kadar arttırınız ve her adım için aşağıdaki tabloyu doldurunuz.
- Deney sonunda önce uyartım akımını sıfıra getiriniz. Sonrasında DA motoru durdurunuz.

I_f (A)												
V (V)												

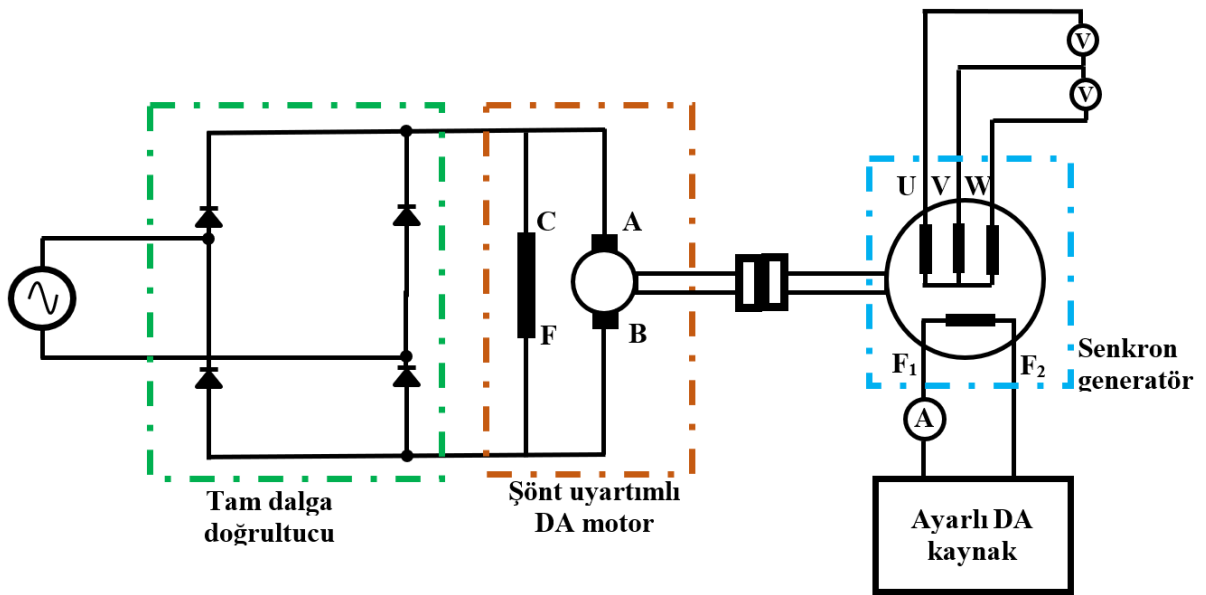
2.4. Kısa devre deneyi

- Şekil 6'daki deney bağlantısını gerçekleştiriniz.

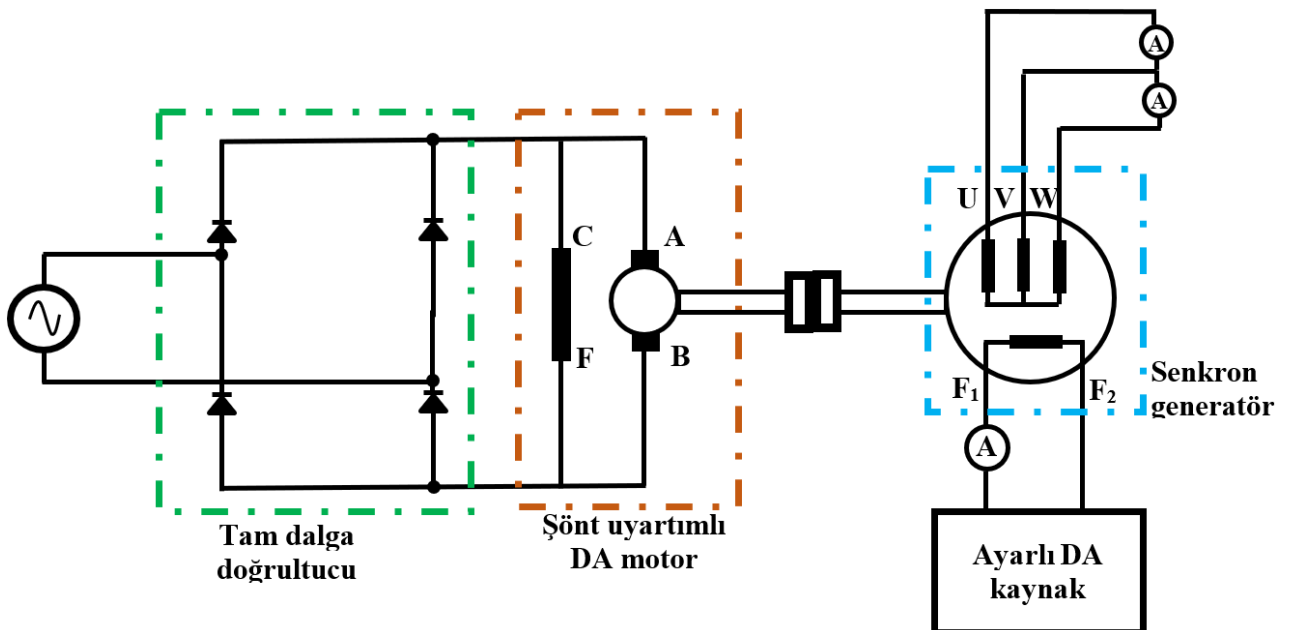
EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI

2. Ayarlı transformatör yardımıyla DA motorun hızını generatör anma hızına getiriniz.
3. Uyartım akımını uygun aralıklarla artırarak stator kısa devre akımını anma değerinin %25 fazlasına kadar arttırınız ve her adım için aşağıdaki tabloyu doldurunuz.
4. Deney sonunda önce uyartım akımını sıfıra getiriniz. Sonrasında DA motoru durdurunuz.

I _f (A)																				
I _{kd} (V)																				



Şekil 5. Açık devre deney bağlantı şeması



Şekil 6. Kısa devre deney bağlantı şeması



EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI

2.5. Senkronizasyon deneyi

1. Şekil 4’te verilen söner lamba devre bağlantısını kurunuz.
2. Söner lamba yöntemi ile senkronizasyon şartlarını yazınız.
3. DA motorun besleme gerilimini arttırarak senkron generatör hızını herhangi bir değere ayarlayınız.
4. Ayarlı DA kaynağı kullanarak senkron generatör uyarma akımını herhangi bir değere ayarlayınız.
5. Uyarma akımı ve generatör hızını değiştirerek senkronizasyon şartlarını sağlayınız.
6. Uyarma akımını sıfıra getiriniz. Da motorun besleme gerilimini sıfıra getiriniz.
7. Şekil 4’te verilen söner lamba düzeneği yerine senkronoskop bağlayınız.
8. Senkronoskop ile senkronizasyon şartlarını yazınız.
9. DA motorun besleme gerilimini arttırarak senkron generatör hızını herhangi bir değere ayarlayınız.
10. Ayarlı DA kaynağı kullanarak senkron generatör uyarma akımını herhangi bir değere ayarlayınız.
11. Uyarma akımı ve generatör hızını değiştirerek senkronizasyon şartlarını sağlayınız.
12. Uyarma akımını sıfıra getiriniz. Da motorun besleme gerilimini sıfıra getiriniz.

3. İSTENİLENLER

1. 2.2 nolu başlıkta elde ettiğiniz tabloyu rapora ekleyiniz.
2. 2.3 nolu başlıkta elde ettiğiniz tabloyu rapora ekleyiniz.
3. 2.3 nolu başlıkta elde ettiğiniz tabloyu kullanarak senkron generatör açık devre eğrisini (uyarma akımı-uç gerilimi) grafiğini çizin ve grafiği yorumlayınız.
4. 2.4 nolu başlıkta elde ettiğiniz tabloyu rapora ekleyiniz.
5. 2.4 nolu başlıkta elde ettiğiniz tabloyu kullanarak senkron generatör kısa devre eğrisini (uyarma akımı-kısa devre akımı) grafiğini çizin ve grafiği yorumlayınız.
6. Açık devre ve kısa devre deney sonuçlarından faydalanarak senkron generatör eşdeğer devre parametrelerini hesaplayınız ve eşdeğer devrede yerine yazınız.
7. Lamba bağlantısı ile senkronizasyon yöntemlerini birbirine göre avantaj ve dezavantajlarını yazarak karşılaştırınız.
8. Söner lamba yöntemi ve senkronoskop yöntemleri ile gerçekleştirilen deneylerden elde ettiğiniz gözlemleri yazınız.



DENEY 4: ÜÇ FAZLI SENKRON MAKİNANIN MOTOR OLARAK ÇALIŞTIRILMASI VE “V” EĞRİSİNİN ÇIKARILMASI

HAZIRLIK SORULARI

8. Senkron motorun yapısı ve çalışmasını ayrıntılı açıklayınız.
9. Senkron motor hangi alanlarda kullanılır, sebebiyle açıklayınız.
10. Senkron motorun yol alma problemi neden kaynaklanmaktadır. Yol alma yöntemleri nelerdir?
11. Senkron motor V eğrisi nedir?

DENEYİN AMACI:

- Senkron motorun yapısı ve çalışma ilkesini tanımak
- Senkron motorun güç katsayısının denetlenmesi ve yükte çalışmasının incelenmesi

KULLANILAN ELEMANLAR: Reosta, Senkron Makina, Sigorta, Ototransformatör, DA kaynağı, Güç Analizörü, Multimetre ve Takometre.

1. GİRİŞ

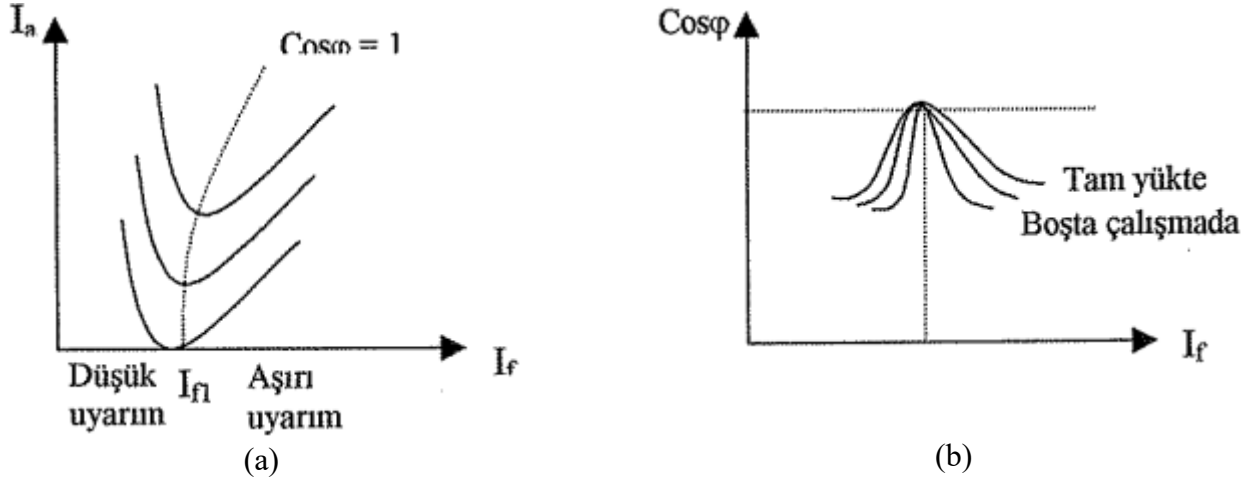
1.1. Senkron Motor ve Yapısı

Sabit devir sayısı gereken yerlerde senkron makina motor olarak kullanılır. Senkron motoru çalıştırmak için rotorun devir sayısını senkron devire veya ona yakın devire kadar yükseltmek gerekir. Bu şekilde rotorun sabit kutupları döner alan kutuplarıyla kolayca kilitlenir. Kilitlenme ile zıt kutuplar birbirini çekerek döner alan yönünde ve döner alan hızında döner.

1.2. Senkron Motorun V Eğrileri

Senkron makinasının güç faktörü ve endüvi akımı, uyarma akımı ayarlanarak kontrol edilebilir. Sabit bir uç gerilimi ve sabit bir mil yükünde endüvi akımı ile uyarma akımı arasındaki ilişki senkron motorun V-eğrisi olarak bilinir. Bu adlandırmanın nedeni eğrinin V harfine benzemesidir. Şekil-1.a'da bir senkron motorun farklı çalışma koşullarındaki V eğrileri görülmektedir. Motorun yükü arttıkça V eğrileri yukarı doğru kayar. Şekilden de görülebileceği gibi uyarma akımının belirli bir değeri için endüvi akımı minimum değerini alır. Bu uyarma akımının üstündeki ve altındaki değerler için endüvi akımı daha büyüktür. Farklı yükler için çizilen V eğrilerinin en küçük noktalarının birleştirilmesiyle elde edilen eğri, giriş akımı için birim güç faktörüne ($\cos\theta = 1$) karşılık düşer. Bu eğri, sıfır güç katsayısı bileşik eğri adını alır. Şekil-1.b'de farklı çıkış güçleri için güç faktörlerinin uyarım akımına göre değişimi gösterilmiştir.

EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI



Şekil 1. Senkron motorun V eğrisi (a) ve güç katsayısının uyarma akımına göre değişimi (b)

3. DENEYİN YAPILIŞI

3.1. Deney Sırasında Dikkat Edilmesi Gereken Durumlar

1. Deney sırasında motorun hızı anma değerinde (senkron hızda) sabit tutulmalıdır.
2. Deney başlangıcında uyarma devresine bağlı olan direnci en yüksek değerde tutunuz.
3. Deneyin ilk anında uyarma sargısına (rotor sargısı) bağlı anahtarın kapalı konumunda olup sargıların kısa devre olduğunu kontrol ediniz.
4. DA uyarma geriliminin sıfır konumunda olduğuna dikkat ediniz.

Senkron motorun anma değerleri ve direnç ölçümleri

Senkron motorun etiketine bakarak anma değerlerine ilişkin aşağıdaki tabloyu doldurunuz. Ayrıca ohmmetre yardımı ile stator ve rotor sargısı direnç değerlerini ölçerek aşağıdaki tabloya kaydediniz.

U_n (V)	I_n (A)	P (W)	n(d/d)	R_s (Ω)	R_r (Ω)

Senkron Motorun Boşta Çalışması

1. Şekil 1'deki deney bağlantısını gerçekleştiriniz.



EEM360 ELEKTRİK MAKİNALARI II LABORATUVARI

7. Deney sonunda önce motora bağlı bağlı yük direncini sıfıra getiriniz. Sonrasında senkron motorun yükünü ve uyarım akımını sıfıra getirerek, senkron motoru durdurunuz.

Senkron Motorun Yükte Çalışması

1. Şekil 1'deki deney bağlantısını gerçekleştiriniz.
2. Deneye başlamadan önce, motora bağlı toz fren yükünü ayarlayınız (0.5 NM). Sonrasında uyarım akımını ortalama bir akımı olacak şekilde ayarlayınız (0.35A).
3. Tekrardan S anahtarını kapatınız ve ototransformatör yardımıyla stator sargılarına senkron hıza ulaşana kadar 3 faz gerilimi kademeli olarak uygulayınız. (100 V).
4. S anahtarını açınız. Uygun duruma ulaşıldığında stator gerilimini nominal gerilime (380 V) yükseltiniz.
5. Uyarım devresine bağlı direnci kademeli azaltarak, uyarım akımını arttırınız ve her bir durumdaki değerleri ölçerek tabloyu doldurunuz.

$I_f(A)$	$I_a(A)$	$\cos\theta$	$P_{in} (W)$

6. Deney sonunda önce motora bağlı bağlı yük direncini sıfıra getiriniz. Sonrasında senkron motorun yükünü ve uyarım akımını sıfıra getirerek, senkron motoru durdurunuz.

3. İSTENİLENLER

1. Deneyde kullandığınız motorun nominal değerlerini yazınız.
2. Senkron motorun V eğrisini boşta ve yükte durum için üst üste çiziniz. Eğri üzerinde $\cos\theta=1$ 'i işaretleyiniz. Sonuçları yorumlayınız.
3. Senkron motorun güç katsayısının uyarım akımına göre değişimini tam yük ve boşta çalışma durumu için üst üste çiziniz. Sonuçları yorumlayınız.
4. Deneysel sonuçlardan faydalanarak senkron motorun kompanzasyon amaçlı kullanılması için nasıl bir yol izlenmelidir?