

DENEY TR-1a: HİSTEREZİS DÖNGÜSÜ

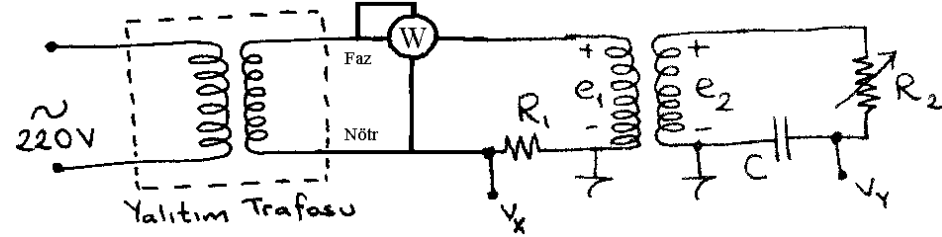
Amaç:

Bir trafo demir çekirdeğinin histerezis döngüsünün osiloskopta çıkartılması.

Teorik Bilgi:

Histerezis döngüsü, manyetik alan (H) ile manyetik akı yoğunluğunun (=manyetik endüksiyon, B) birbirine göre nasıl değiştiğini gösteren bir çizimdir. Değişimler periyodik olduğu zaman, bu çizim kapalı bir döngü halini alır (Şekil 2a). "Histerezis döngüsü" adı sadece ferromanyetik malzemelerin bu çizimleri için değil, genel olarak çıkış ve inişi farklı yerlerden geçen karakteristiklere sahip döngüler için de kullanılır. Örneğin Schmitt tetikleme devresinin veya devreyi açma ve kapama sıcaklıkları farklı ayarlanmış bir termostatın transfer fonksiyonları da histerezis döngüsü biçimindedir.

B ve H büyüklüklerini osiloskopta görebilmek için bunlarla doğru orantılı olan gerilimler elde etmek gerekir. Sekonderi açık devre olan bir trafonun primer akımı mıknatıslanma akımı olduğundan, bu akımı taşıyan bir direnç üzerindeki gerilim H ile orantılı olur. Sekonder gerilimi ise dB/dt ile orantılı olduğundan, integral alıcı bir devreden geçirilerek B ile orantılı bir gerilim elde edilebilir. Bu amaçla Şekil 1'deki devre kullanılır.



Şekil 1

Devrenin sekonderindeki RC devresi, $R_2 \gg 1/\omega C$ olması halinde yaklaşık bir integral alıcıdır.

Çünkü

$$i_2 \approx \frac{e_2}{R_2}, \quad v_y = \frac{1}{C} \int i_2 dt = \frac{1}{R_2 C} \int e_2 dt$$

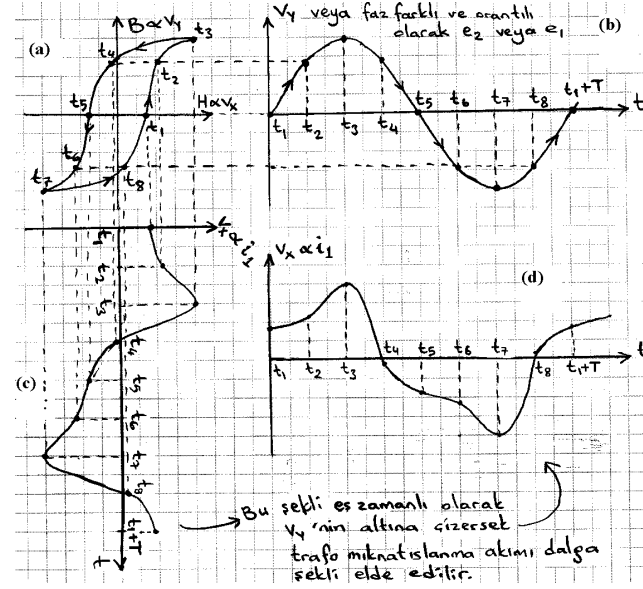
Ayrıca, $e_2 = N_2 A \frac{dB}{dt}$ olduğundan B ile orantılı bir gerilim elde edilir: $v_y = \left(\frac{N_2 A}{R_2 C} \right) B$

Diğer yandan $N_1 i_1 + N_2 i_2 = Hl$ olup $N_2 i_2 \ll N_1 i_1$ olursa, ki bu çok büyük bir R_2 direnci ile sağlanır, $N_1 i_1 \approx Hl$, $i_1 = Hl/N_1$, dolayısıyla da H ile orantılı bir gerilim elde edilir:

$$v_x = \left(\frac{R_1 l}{N_1} \right) H$$

v_x ve v_y gerilimleri osiloskobun sırasıyla X ve Y kanallarına uygulanıp Lissajous moduna alınırsa Şekil 2a'deki histerezis döngüsü elde edilir.

Histerezis döngüsü aynı zamanda trafonun yüksüz durumundaki primer akımı ile sekonder gerilimi (veya bir faz farkı ve genlik katsayısıyla primer gerilimi) dalga şekilleri arasındaki ilişkiyi de açıklar (Şekil 2b ve Şekil 2c). Yani histerezis eğrisinin doğrusal olmamasından dolayı, primer akımında istenmeyen harmonikler ortaya çıkar.



$$(Alan)_{v_x v_y} = \frac{R_1 N_2}{R_2 C N_1} \cdot Al \cdot (Alan)_{BH}$$

Buna göre f frekansında güç olarak histerezis kaybı:

$$f \cdot Al \cdot (Alan)_{BH} =$$

$$P_{hz} = \frac{R_2 C f N_1}{R_1 N_2} \cdot (Alan)_{v_x v_y}$$

Burada $(Alan)_{v_x v_y}$ osiloskopta görülen histerezis döngüsü içindeki V^2 cinsinden alan olup V /bölüm ayarı dikkate alınarak bulunmalıdır. $(Alan)_{BH}$ ise o görüntünün temsil ettiği gerçek histerezis döngüsü içindeki alandır (Ws/m^3).

Şekil 2

Deneyin Yapılışı

- Sisteme enerji verilmeden Şekil 1'deki devreyi kurunuz. Örnek değerler: $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 1\text{ M}\Omega$ potansiyometre, $C = 68\text{ nF}$. Kullandığımız devre parametrelerini kaydediniz.
- Osiloskobun toprağının (GND) her iki kanal için ortak ve şebeke toprağıyla aynı olduğuna dikkat ediniz. Bu nedenle ya Şekil 1'deki yalıtım trafosu kullanılmalı, ya da v_x 'in bağlandığı ucun Nötr hattı olduğundan emin olunmalıdır (Elektrik tesisatınızda kaçak akım rölesi varsa yalıtım trafosu kullanılmadığı durumda bu röle enerjinizi otomatik olarak keserek deneyi yapmanıza imkân vermeyebilir). Bu ucun faz olması halinde faz, osiloskobun içindeki toprak hattı üzerinden şebeke toprağına kısa devre olur ve sigorta atmadan önce osiloskobun toprak hattı yanabilir!
- Osiloskobunuzu X-Y (Lissajous) moduna almız. Her iki kanalın Volt/bölüm ayarlarıyla ve potansiyometreyle oynayarak ekranda güzel bir histerezis döngüsü elde ediniz. Şekil bir eksenine göre ters ise o eksenin gerilim uçlarını ters çeviriniz veya varsa osiloskobun "Negate" tuşunu kullanınız. Ancak yalıtım trafosu kullanmıyorsanız uçları ters çevirirken osiloskop toprağı üzerinden kısa devre olacak uçların tehlikeli olmamasına dikkat ediniz. Belli başlı noktalarının koordinatlarını yazarak şekli kaydediniz. Ayrıca her iki eksenin de Volt/bölüm ölçeğini kaydediniz.
- Osiloskobunuzu X-Y modundan çıkarıp zaman moduna geçiniz. Her iki kanalı da eşzamanlı olarak görüntüleyiniz. Gözlediğiniz v_x ve v_y dalga şekillerini kaydediniz.
- Wattmetreden okunan gücü kaydediniz. Ayrıca frekansı ve çekirdek boyutlarını kaydediniz. Mantel tipi trafo kullanıyorsanız A alanını orta kolun, akı yolu uzunluğunu (l) da yan kollardan birisi ve orta kolun toplamı almız.

Sonuçların Değerlendirilmesi

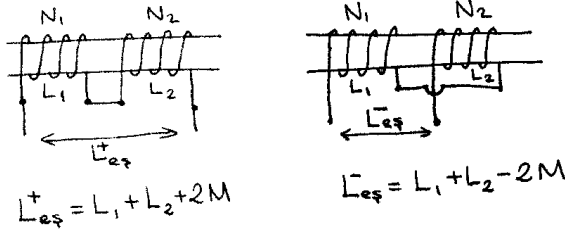
- Osiloskopta gözlediğiniz şeklin alanını yaklaşık olarak hesaplayınız. Birim² cinsinden bulduğunuz alanı her iki kanalın Volt/bölüm ölçeğini kullanarak V^2 cinsine dönüştürünüz.
- Teorik kısımda bulunan oranı katsayılarını deney parametrelerinizle hesaplayınız. Buna göre B ve H genliklerini bulunuz.
- Histerezis kaybını W olarak hesaplayınız.
- Bulduğunuz bu histerezis kaybı, wattmetreden okuduğunuz güç kaybının % kaçındır? Geriye kalan güç ne kadardır ve neyi ifade eder?
- Gözlediğiniz v_x ve v_y dalga şekillerini inceleyiniz. v_x dalga şekli, Şekil 2c'de gösterilene benziyor mu? Neden her ikisi de aynı anlarda tepe noktalarından geçmektedir?

DENEY TR-1b: TEK FAZLI TRAF0 SARGILARININ KUTUPLAŞMALARININ VE SARIM SAYILARININ BULUNMASI

Amaç:
Aynı nüve üzerine sarılmış sargılardan oluşan bir trafonun sargılarını kendi aralarında seri veya paralel bağlayabilmek için bilinmesi gereken sargı kutuplaşmalarının (polarity) bulunması. Sarım başına volt hesabıyla her sargının sarım sayısının bulunması.

Teorik Bilgi:

Aynı nüve üzerine sarılmış sargılar arasındaki kuplaj katsayısı $k = M / \sqrt{L_1 L_2}$ bire oldukça yakın olduğundan, bunların kendi aralarında seri bağlanması halinde toplam sarım sayısı artmış ya da azalmış gibi davranır ve eşdeğer endüktans buna göre daha büyük veya küçük olur. Eğer eşdeğer endüktans sıfır veya çok küçük bir değer olursa, bu sargılar düz bir iletken gibi davranırlar ve alternatif gerilime karşı net olarak zıt emk meydana getiremezler. Bu yüzden de gerilim uygulandığı zaman sargılardan aşırı akım geçerek yanmalarına neden olabilir. Bunu önlemek için, trafo sargılarının kutuplaşmalarının birbirine göre durumunun belirlenmesi gerekir. Bunun için, aynı akıdan dolayı üzerlerinde endüklenen gerilimlerin yönlerinden faydalanılır. Sargıları kendi aralarında seri bağlarken birleştirilen uçlar zıt kutuplu olmalıdır ki gerilimleri birbirini yok etmeyip desteklesin. Kendi aralarında paralel bağlamak için ise birleştirilen uçlar mutlaka aynı kutuplu olmalıdır ve sarım sayıları da aynı olmalıdır.



Şekil 1

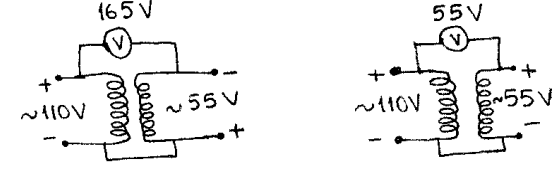
Aynı nüve üzerine sarılmış sargılardan oluşan bir trafoda her sarımdan yaklaşık aynı akı geçtiği için, sarım başına volt her sargıda aynı olur. İçinden aynı akı geçecek şekilde bilinen sayıda 8-10 sarımlık bir yardımcı sargı sarılıp bunun sarım başına voltu bulunursa bu değer diğer sargılara da uygulanarak her bir sargının sarım sayısı bulunur:

$$\text{Sarım başına volt} = \frac{E_1}{N_1} = \frac{E_2}{N_2} = \dots$$

Deneğin Yapılışı ve Sonuçların Değerlendirilmesi:

1. Her adımın bağlantıları enerjiyi keserek yapıp kontrol edildikten sonra enerji verilecektir.
2. Kaynak olarak akım ve gerilimi gözlenen bir varyak kullanılacaktır. Aşırı akım gözlenirse derhal acil durdurma düğmesine basılacaktır.
3. Sargılardan yalnızca birinin (tercihen primer sargısı) kutuplarını keyfi olarak bir ucuna "+" diğer ucuna "-" yazarak belirleyiniz.
4. Varyakı primer sargılarından birine bağlayınız. Birisi kutupları önceden belirlenmiş bir sargı diğeri ise kutupları belirlenecek bir sargının birer uçlarını birleştiriniz. Bu iki sargıdan birisi, varyak bağladığınız sargı da olabilir (Şekil 2).
5. Varyak sıfır volta ayarlı iken sisteme enerji veriniz ve varyak voltajını yavaşça artırarak, bağlı bulunduğu primer sargısının anma gerilimine getiriniz.
6. Uçlarını birleştirdiğiniz sargıların gerilimlerini tek tek ölçünüz. Daha sonra da bunların birleştirilmeyen uçları arasındaki gerilimi ölçünüz (Şekil 2). Bu gerilim, iki sargının tek tek

gerilimlerinin toplamı ise birleştirilen uçları birbirine zıt kutuplu, farkı ise aynı kutuplu olarak işaretleyiniz. Kutuplaşmasını belirlemekte olduğunuz sargının diğer ucunu ise aksi kutupla işaretleyiniz.



Şekil 2

7. Benzer işlemi kutuplaşması bilinmeyen bütün sargılar için tekrarlayarak bütün sargıların bütün uçlarının kutuplarını belirleyiniz.
8. Her sargıda küçük indisli uç ile büyük indisli uç arasındaki gerilim yönü aynı olacak şekilde uçları numaralı olarak isimlendiriniz (P_1 , P_2 , veya P_{A1} , P_{A2} gibi). Mümkünse "+" ve "-" kutuplu uçları kırmızı ve siyah gibi farklı renkli yapınız.
9. Trafo nüvesi üzerine, diğer sargılarla aynı aklıyla zincirlenecek şekilde bilinen sayıda 8-10 sarımlık yardımcı bir sargı sarınız.
10. Primer sargılarını seri bağlayarak dış uçları arasına varyak bağlayınız. Enerji vererek varyakı primer sargılarının anma gerilimleri toplamına ayarlayınız. Tek tek bütün sargıların ve yardımcı sargının gerilimlerini ölçerek kaydediniz.
11. Yardımcı sargı gerilimini sarım sayısına bölerek sarım başına voltu bulunuz.
12. Bu değer ile bütün sargıların sarım sayılarını ayrı ayrı hesaplayınız.
13. Primer sargılarını kendi aralarında doğru seri, sekonder sargılarını kendi aralarında önce doğru sonra ters seri bağlayınız. İkisinde de primere anma gerilimini (seri bağlı primer sargılarının anma gerilimleri toplamını) uyguladıktan sonra sekonderin dış uçlarındaki bileşke gerilimi ve tek tek sekonder sargı gerilimlerini ölçünüz.
14. Primer sargıları kendi aralarında doğru seri iken, sekonder sargılarını (sarım sayıları aynı ise) doğru paralel bağlayınız. Paralel bağlantıyı bir ampermetre üzerinden yapınız. Primere varyak gerilimini yavaşça anma değerine kadar artırarak uygulayınız. Ampermetreden aşırı akım geçiyorsa gerilimi daha fazla artırmayınız.
15. Primer sargıları kendi aralarında doğru seri iken, sekonderi ters paralel bağlayınız. Paralel bağlantıyı bir ampermetre üzerinden yapınız. Enerji vermeden önce varyak voltajını TAM SIFIRA ayarlayınız. Enerji uygulayıp varyak voltajını çok az artırınız. Ampermetreden aşırı akım geçtiğini gözleyiniz ve enerjiyi kesiniz.
16. Primer sargılarını ters seri bağlayınız. Sekonderde bağlantı yapmayınız. Enerji vermeden önce varyak voltajını SIFIRA ayarlayınız. Enerji uygulayıp varyak voltajını çok az artırınız. Ampermetreden aşırı akım geçtiğini gözleyiniz ve enerjiyi kesiniz. Neden sekonder ters seri bağlandığında aşırı akım geçmediği halde primer ters seri bağlandığında aşırı akım geçtiğini açıklayınız.
17. Primer sargılarını bir ampermetre üzerinden doğru paralel bağlayınız (sarım sayıları aynı ise). Sekonder sargılarını ise doğru seri bağlayınız. Primere varyak gerilimini yavaşça anma değerine kadar (tek bir primer sargısının anma gerilimi) artırarak uygulayınız. Ampermetreden aşırı akım geçiyorsa gerilimi daha fazla artırmayınız. Sekonderin dış uçlarındaki bileşke gerilimi ve tek tek sekonder sargı gerilimlerini ölçünüz.
18. Primer sargılarını ters paralel bağlayıp gerilim uygulaysaydık ne olurdu? Açıklayınız.
19. Bütün kayıpları (kaçak akı, demir ve bakır kaybı vs.) sıfır olan bir trafoda $\frac{e_1}{N_1} = \frac{e_2}{N_2}$

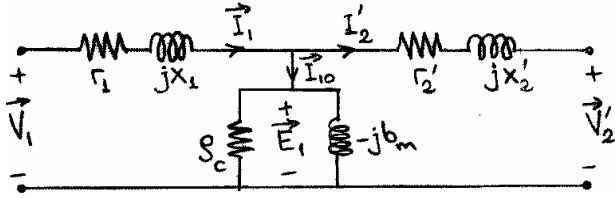
formülü tam olmasına karşılık $N_1 i_1 \approx N_2 i_2$ formülü yaklaşıktır. Neden?

DENEY TR-2a: ÜÇ FAZLI TRAFOLARDA AÇIK DEVRE VE KISA DEVRE TESTLERİ

Amaç:

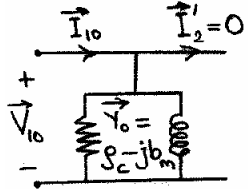
Bir trafonun açık devre (yüksüz çalışma) ve kısa devre testlerini yaparak tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametrelerini bulmak.

Teorik Bilgi:



Şekil 1

Transformatörlerin primere yansıtılmış eşdeğer devresi Şekil 1'de gösterildiği gibidir. Burada g_c demir kayıplarına karşılık gelen iletkenlik, b_m mıknatıslanma akımına karşılık gelen süseptans, sırasıyla r_1 ve x_1 primer sargısı direnci ve kaçak reaktansıdır. Sekonder sargısı direnci ve kaçak reaktansı r_2 ve x_2 olup, devrede bunların primere yansıtılmış değerleri $r_2' = (N_1/N_2)^2 r_2$ ve $x_2' = (N_1/N_2)^2 x_2$ gösterilmiştir. Üç fazlı trafoların da tek faza indirgenmiş eşdeğer devreleri bu şekildeki gibidir. Özellikle küçük yük akımlarında yaklaşık eşdeğer devre kullanılacaksa paralel kol $g_c - jb_m$ şeklin en sol tarafına kaydırılabilir. Buna göre trafonun anma primer geriliminde yüksüz (sekonderi açık devre) çalışmasında tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devresi Şekil 2'de gösterildiği gibi olur. Primerden ölçülüp tek faza indirgenmiş akım (I_{10}), gerilim (V_{10}) ve güç (P_{10}) değerleriyle g_c ve b_m şöyle hesaplanır:

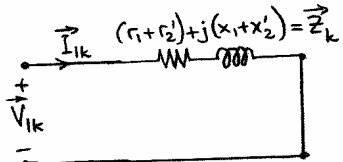


Şekil 2

$$g_c = \frac{P_{10}}{V_{10}^2}, \quad Y_0 = \frac{I_{10}}{V_{10}},$$

$$b_m = \sqrt{Y_0^2 - g_c^2}$$

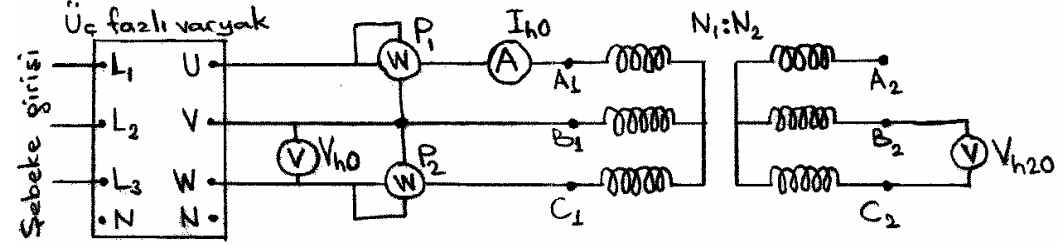
Özellikle küçük gerilimlerde ise daha kaba bir yaklaşıklıkla paralel kol $g_c - jb_m$ tamamen ihmal edilerek açık devre kabul edilebilir. Buna göre trafonun anma sekonder akımında kısa devre çalışmasında tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devresi Şekil 3'te gösterildiği gibi olur. Primerden ölçülüp tek faza indirgenmiş akım (I_{1k}), gerilim (V_{1k}) ve güç (P_{1k}) değerleriyle ($r_1 + r_2'$) ve ($x_1 + x_2'$) şöyle hesaplanır:



Şekil 3

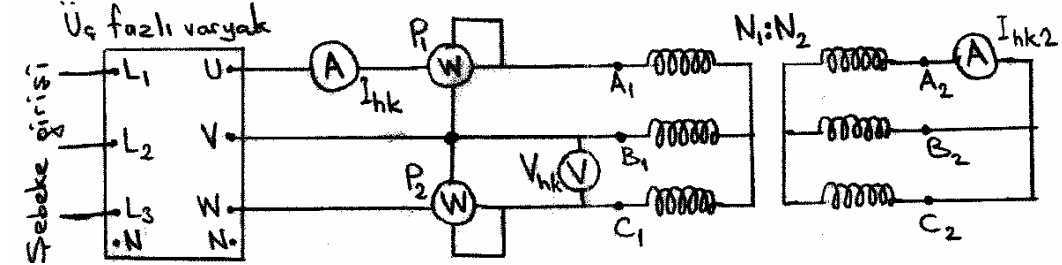
Ayrıca primer veya sekonder direncinden birisi ölçülmüşse diğeri de ($r_1 + r_2'$) ile farkından kolayca hesaplanır. x_1 ve x_2' ise birbirine eşit kabul edilebilir: $x_1 \approx x_2' \approx (x_1 + x_2')/2$.

Deneyin Yapılışı:



Şekil 4

- Şekil 4'teki açık devre testi devresini kurunuz. Kullanılan trafonun Y/Y bağlı olduğu varsayılmıştır; ancak farklı bağlantı da olabilir.
- Varyaktan uygulanan primer gerilimini sıfırdan itibaren adım adım artırarak her adımda primerden uygulanan fazlararası gerilimi ve toplam giriş gücünü ($P_1 + P_2$) ölçerek kaydediniz. Sekonder açık devreyken ölçülen güç tamamen demir kaybı kabul edilebilir.
- Primere anma gerilimini uygulayınız. Primerden uygulanan fazlararası gerilimi (V_{h0}), hat akımını (I_{h0}) ve toplam giriş gücünü ($P_0 = P_1 + P_2$) ölçerek kaydediniz. Ayrıca sarım oranını bilmiyorsanız bulmak için sekonder voltajını da ölçünüz. Sarım oranı biliniyorsa kaydediniz.



Şekil 5

- Şekil 5'teki kısa devre testi devresini kurunuz. Sekonder bir ampermetre üzerinden kısa devre edildiğinden enerji vermeden önce varyak voltajını SIFIRA ayarlayınız.
- Varyaktan uygulanan primer gerilimini sıfırdan itibaren adım adım artırarak her adımda sekonderden geçen hat akımını ve toplam giriş gücünü ($P_1 + P_2$) ölçerek kaydediniz. Çok küçük gerilimlerde çalışması gerektiği için varyak gerilimini birdenbire çokça artırmayınız. Sekonder kısa devreyken ölçülen güç tamamen bakır kaybı kabul edilebilir.
- Sekonder akımını anma değerine ayarlayınız. Sağlıklı bir deney için bu şartlarda 10-15 dakika sargıların çalışma sıcaklığına ulaşmasını bekledikten sonra ölçümler alınmalıdır.
- Sekonderden anma akımı geçerken, primerden uygulanan fazlararası gerilimi (V_{hk}), hat akımını (I_{hk}) ve toplam giriş gücünü ($P_k = P_1 + P_2$) ölçerek kaydediniz.
- Enerjiyi keserek bağlantıları ayırınız ve sargılar soğumadan primer ve sekonder sargılarının dirençlerini ölçerek kaydediniz.
- Primer ve sekonderin bağlantı şekillerini (yıldız veya üçgen) kaydediniz. Direnç ölçümlerinde tek faz sargısının direncini bağımsız olarak ölçemediyse, dengeli yıldız veya üçgen bağlı sargıların bir ucu boştayken diğer iki ucu arasından görülen dirençten ($r_{ölçüm}$) yıldız bağlantı için $r_{faz} = r_{ölçüm}/2$, üçgen bağlantı için ise $r_{faz} = 3r_{ölçüm}/2$ ölçüm

formülüne göre tek faz sargı direncini bulunuz. Bu işlemi primer ve sekonder için ayrı ayrı yapınız.

Sonuçların Değerlendirilmesi

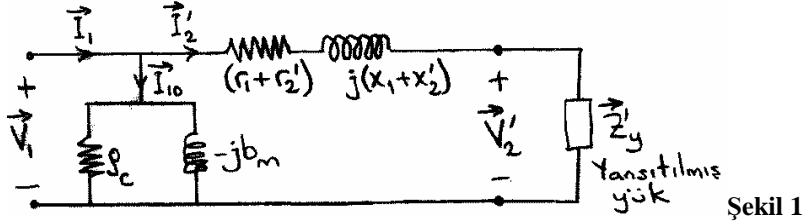
- Deneyin 2. ve 5. adımlarında bulduğunuz sonuçları, düşey eksen kayıp gücü, yatay eksen ise kısa devre testindeki sekonder akımını veya açık devre testindeki primer gerilimini gösterecek şekilde çiziniz..
- Primer ve sekonderin kendi taraflarındaki bağlantı şekline göre bütün ölçümlerinizi (2. ve 5. adımdakiler hariç) tek faz değerlerine indirgeyiniz. Önceden bilinmiyorsa sarım oranını tek faz gerilimleriyle bulunuz.
- Transformatörün tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametrelerini hesaplayınız. Sargı dirençlerinden şimdilik sadece primerinkini ölçülmüş kabul ediniz ve buna göre r_2' değerini bulunuz.
- Bulduğunuz r_2' ve x_2' değerlerinin primere yansıtılmamış r_2 ve x_2 değerlerini elde ediniz. Bu r_2 değeri, sekonder sargı direnci ölçümünüzle uyuyor mu?
- Şekil 4 ve 5'teki devrelerde voltmetre ve ampermetre yerleri neden değiştirilmiş olabilir?

DENEY TR-2b: ÜÇ FAZLI TRAFOLARIN YÜKLÜ ÇALIŞMASI

Amaç:

Eşdeğer devresi bilinen üç fazlı bir trafonun verim ve regülasyon hesaplarını deneysel ve teorik olarak yapıp karşılaştırmak, çeşitli yükler için verimin en iyi olduğu yükü bulmak.

Teorik Bilgi:



Tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devre (Şekil 1) üzerinden verim hesabı şöyle yapılabilir:

$$\bar{Z}'_y = R_y' + jX_y' \quad \text{kabul ederek,} \quad I_2' = \frac{V_1}{\sqrt{(r_1 + r_2' + R_y')^2 + (x_1 + x_2' + X_y')^2}}$$

$$P_{Cu} = 3(r_1 + r_2')I_2'^2, \quad P_{Fe} = 3g_c V_1^2, \quad P_{cikis} = R_y I_2'^2,$$

$$P_{giris} = P_{cikis} + P_{Cu} + P_{Fe}, \quad \text{Verim} = \frac{P_{cikis}}{P_{giris}}$$

Yükün anma yükü olduğunu düşünürsek yaklaşık eşdeğer devreye göre

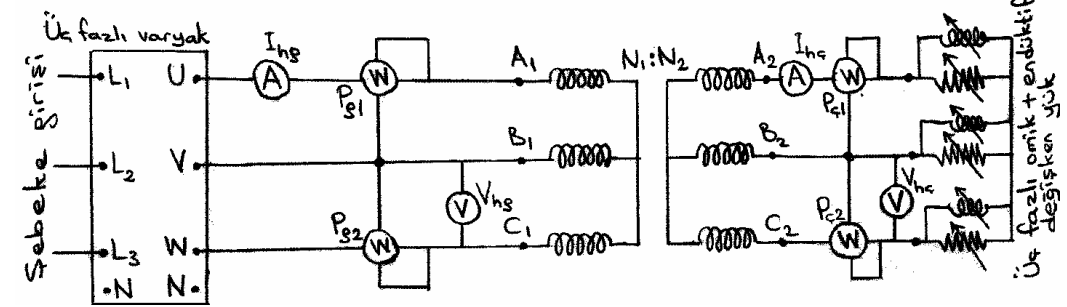
$$\text{Regülasyon} = \%100 \frac{V_{20}' - V_{2TamYük}'}{V_{2TamYük}'} \approx \%100 \frac{V_1' - V_{2TamYük}'}{V_{2TamYük}'}$$

$$\text{Regülasyon} \approx \%100 \frac{\sqrt{(r_1 + r_2')^2 + (x_1 + x_2')^2}}{\sqrt{(r_1 + r_2' + R_y')^2 + (x_1 + x_2' + X_y')^2}}$$

Trafolar, imal edilirlerken istenen anma gerilimi ve anma akımında verimi en yüksek olacak şekilde tasarlanırlar. Ayrıca verimin en iyi olduğu durum, demir kaybı (P_{Fe}) ve bakır kaybının (P_{Cu}) birbirine yaklaşık eşit olduğu durumdur.

Deneyin Yapılışı:

20. Bu deneyde, önceki deneyde eşdeğer devre parametrelerini bulduğunuz trafoyu kullanınız.



Şekil 2

- Şekil 2'deki devreyi kurunuz. Değişken üç fazlı endüktif yük olarak ayrı bir üç fazlı varyakın değişken çıkış uçlarını kullanabilirsiniz, ancak o varyakın çok küçük çıkışlara ayarlanmaması gerekir, aksi halde kısa devredesine yakın aşırı akım geçebilir. Ayrıca üç fazlı değişken bir omik yükü paralel bağlayarak değişken omik endüktif yük elde edilebilir.
- Sekondere yükünü anma değerine getiriniz. Sekonderde anma gerilimi görülecek kadar, varyaktan primere gerilim uygulayınız. Bu anda sekonderden anma akımı geçiyorsa yükünüz gerçekten anma yükü demektir. Bu yükü VA olarak kaydediniz.
- Primerden uygulanan toplam giriş gücünü ($P_{g1} + P_{g2}$) ve sekonderdeki toplam çıkış gücünü ($P_{ç1} + P_{ç2}$), primer ve sekonderin akım ve gerilimini ölçerek kaydediniz. Bu şartlardaki trafo verimini ölçümlerden hesaplayınız. Ayrıca $\mp \sqrt{3}(P_{ç1} - P_{ç2})$ formülüyle çıkış reaktif gücünü bulunuz. Bu reaktif güç, çıkış görünür gücü ve toplam çıkış aktif gücünden hesaplanan reaktif güç ile uyumlu mudur?
4. adımı, çeşitli gerilim, akım ve yük değerleri için tekrarlayınız. 4. adımdakinden daha iyi verim elde edebiliyor musunuz? Elde edebiliyorsanız anma değerlerine yakın şartlarda mı?
4. adımda anma yükünde uyguladığınız aynı primer geriliminde sekonderin açık devre gerilimini ölçünüz. Bu ve 4. adımdaki sekonder gerilimi ölçümünü kullanarak trafonun regülasyonunu hesaplayınız.

Sonuçların Değerlendirilmesi

- Deneyde kullandığınız trafonun yaklaşık eşdeğer devresi ile kullandığınız anma yükü ve uyguladığınız gerilim için teorik olarak verim ve regülasyonu hesaplayınız. Deneyde bulduğunuz sonuçlarla karşılaştırınız.
- Teorik Bilgi kısmında verilen yaklaşık regülasyon formülünü inceleyiniz. Aynı yük akımını çeken fakat güç faktörleri ($\cos \phi$) farklı olan tam yükler için regülasyonun farklı olması gerekmez mi? Bu farklılık ihmal edilebilir düzeyde midir? Neden?

DC MAKİNALARIN MIKNATISLANMA EĞRİSİ

Amaç:

DC makinaların armatüründe endüklenen iç geriliminin (E), sabit hızda (n) uyarım akımına (I_u) karşı değişimini gösteren mıknatıslanma eğrisini elde etmek. Bu karakteristik, o makinanın motor veya jeneratör durumunda uyarım sargısından geçen akıma göre hangi iç gerilimin endükleneceğini gösterir. Başka hızlarda da orantı kurularak aynı karakteristikten faydalanılabilir.

Teorik Bilgi:

Bütün DC makinaların mıknatıslanma eğrisi, uyarım sargısı dış bir kaynaktan beslenerek, yani yabancı uyarımlı dinamo olarak çalıştırılırken çıkartılır. Armatür akımına göre değişen armatür reaksiyonu ihmal edilirse bu karakteristik, o makinanın motor veya jeneratör durumunda uyarım sargısından geçen akıma göre hangi iç gerilimin endükleneceğini gösterir. Yabancı uyarım sargısı olarak şönt ya da seri sargı da kullanılabilir. Bu durumda şönt ya da seri çalışmada, makina ister motor ister jeneratör olsun, uyarım sargısından geçen akıma göre endüklenen iç emk bu eğriyle bilinir. Hatta çalışma hızı farklı olsa bile, mıknatıslanma eğrisinin çıkartıldığı hız ile $E = K\phi n$ biçiminde doğru orantı kurularak aynı uyarım akımında yeni hız için E gerilimi bulunabilir.

Mıknatıslanma eğrisi, ferromanyetik malzemelerin Histerezis döngüsünün bir parçasına benzer şekilde elde edilir (Şekil 1). Uyarım akımının artırılması (çıkış) sırasında elde edilen gerilimler, azaltılması (iniş) sırasında elde edilenden daha küçüktür. Çünkü inişte, önceki çalışmadan kalan mıknatıslanma nedeniyle, aynı uyarım akımıyla daha büyük akı (ϕ), dolayısıyla da daha büyük gerilim elde edilir. Hatta uyarım akımı sıfırlansa bile, artık mıknatısiyet akısından dolayı küçük bir gerilim (E_r) görülür. Buna artık mıknatısiyet (remenans)

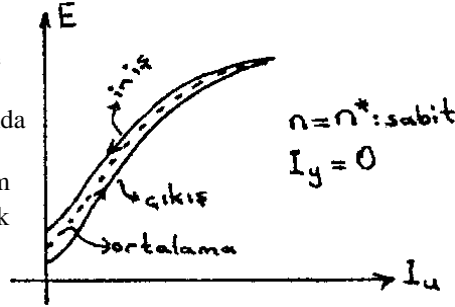
gerilimi denir. Makinanın imalattan sonra ilk çalıştırılması gibi istisnai durumlar hariç, mıknatıslanma eğrisinin çıkış kısmında da artık mıknatısiyet görülür. Yaklaşık olarak çıkış ve iniş kısımlarının ortalaması kullanılabilir. Mıknatıslanma eğrisinin önemli diğer bir özelliği de doymadır. Doyma nedeniyle büyük uyarım akımlarındaki değişimler akıda, dolayısıyla da gerilimde daha küçük değişimler meydana getirirler. Çünkü ferromanyetik malzemenin bütün moleküllerinin elektron düzenleri uyarım manyetik alanını en iyi destekleyecek şekilde girdikten sonra manyetik alanın (H) artırılması manyetik akı yoğunluğunu (B) ancak boşluktaki kadar, artırabilir. Yani büyük uyarımlarda dB/dH eğimi μ_0 katsayısına yaklaşır.

Deneyin Yapılışı:

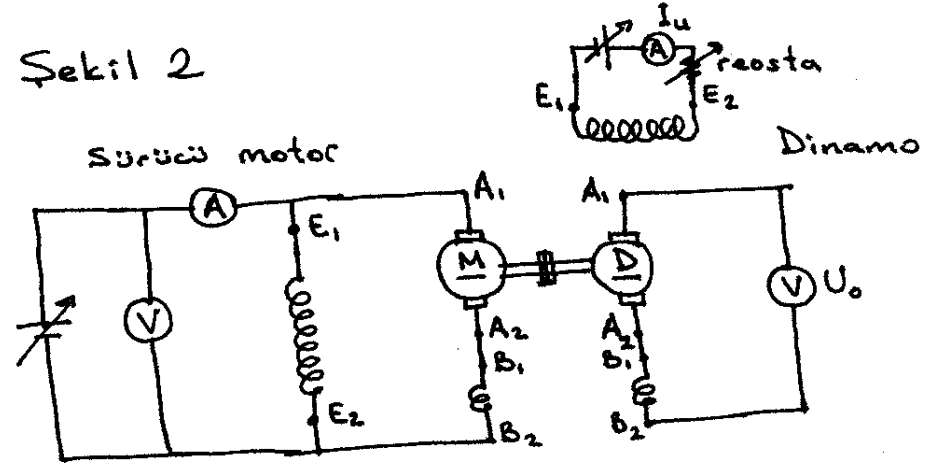
- Şekil 2'deki devreyi kurunuz. Yabancı uyarım sargısı olarak seri sargıyı kullanıyorsanız büyük akımlı, şönt sargıyı kullanıyorsanız büyük gerilimli uyarım kaynağı kullanınız. Buradaki 'büyük', anma değeri civarına ulaşabilen demektir. Reostanın direnci de buna göre seçilmelidir. Sonraki deneylerde de kullanılacağı için tercihen şönt sargıyı yabancı uyarım sargısı olarak kullanınız. Bu deneyde dinamoyu döndürmek için istenirse sabit hızda çalıştırılabilecek başka bir motor da kullanılabilir.
- Dinamo uyarım sargısı uçları açıkken ($I_u = 0$) motora yol vererek dinamonun anma hızına getiriniz. Motorun dönüş hızı değişebileceğinden deney boyunca hızı sabit tutmaya dikkat ediniz.

Dinamoya hiçbir elektriksel yük bağlamayınız. Böylece uç gerilimi iç emk'ya eşit olacaktır ($U_0 = E$).

- Dinamonun uyarım akımını, varsa ayarlı gerilim kaynağıyla ya da reostayla adım adım artırırken her adımda dinamonun uyarım akımını (I_u) ve uç gerilimini (U_0) kaydediniz. Bu sırada uyarım akımını hiç azaltmayınız; hep artırınız. Çünkü çıkış kısmı elde edilmektedir. U_0 gerilimi, dinamo anma geriliminin %20 fazlasına ulaşana kadar bu işleme devam ediniz.
- Bundan sonra inişe geçiniz. Dinamo uyarım akımı adım adım azaltırken I_u ve U_0 değerlerini kaydetmeye devam ediniz. Bu kısımda da uyarım akımını hiç artırmayınız; hep azaltınız.
- Dinamo uyarım akımını kaydettiğiniz I_u 'lardan birine yeniden ayarlayınız. Bu defa yüksüz durumda hızı anma hızından büyük bir değere getirerek U_0 gerilimini ve hızı kaydediniz. Aynı işlemi bir kez de anma hızından küçük bir hız için yapınız.



Şekil 1



A_1-A_2 : Armatür sargısı uçları } isten seri bağlı
 B_1-B_2 : Yardımcı kutup sargısı uçları }
 E_1-E_2 : Şönt sargı uçları } Herhangi birisi yabancı uyarım için kullanılabilir (ayırarak mümkünse)
 D_1-D_2 : Seri sargı uçları }
 F_1-F_2 : Yabancı uyarım sargısı uçları }
 C_1-C_2 : Kompansasyon sargısı uçları } → armatüre isten seri olabilir

Sonuçların Değerlendirilmesi:

- Deneyin 3. ve 4. adımlarda bulduğunuz değerlerle Şekil 1 benzeri mıknatıslanma eğrisini çiziniz. Bulduğunuz eğriyi yorumlayınız.
- Artık mıknatısiyet gerilimi (iniş) anma geriliminin % kaçındır?
- Anma gerilimini boşa veren uyarım akımı, anma yük veya armatür akımının % kaçındır?
- Doğru orantı kullanarak çizdiğiniz mıknatıslanma eğrisinden, 5. adımdaki hızlarda aynı uyarım akımındaki E gerilimlerini bulunuz. Bu değerler, 5. adımda ölçtüğünüz gerilimlerle uyuyor mu?

DENEY DC-1b: YABANCI UYARTIMLI DİNAMOLARIN DIŞ KARAKTERİSTİĞİ

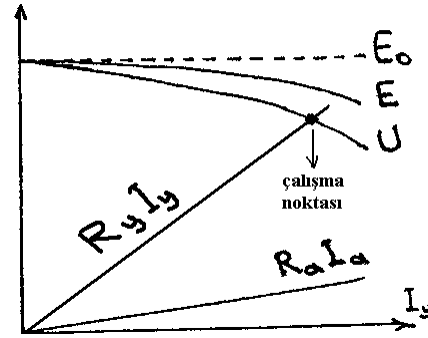
Amaç:

Sabit hızda ve sabit uyartım akımında yabancı uyartımlı dinamoların uç geriliminin (U) yük akımına (I_y) göre nasıl değiştiğini gösteren dış karakteristiğini elde etmek. Bu eğri, dinamonun herhangi bir elektriksel yükü hangi akım ve gerilim değerlerinde besleyeceğini bulmaya yarar ve buna 'yük karakteristiği' denir.

Teorik Bilgi:

DC makinalarda $E = K\phi n$ olduğundan, armatür reaksiyonu ihmal edilirse sabit hız ve sabit uyartım akımında endüklenen iç emk sabit olmalıdır. Ancak yük akımı artarken armatür sargısı direnci ve fırçalar üzerindeki gerilim düşümleri nedeniyle uç gerilimi (U) gittikçe azalır. Bu azalış, yük akımına göre yaklaşık doğrusaldır. Fakat bir de armatür reaksiyonu nedeniyle armatür akımı arttıkça toplam akı azaldığı için bir miktar daha gerilim düşümü olur. Böylece yabancı uyartımlı dinamoların dış karakteristiği Şekil 1'de görüldüğü gibi bulunur. $E - I_y$ eğrisine ise iç karakteristik denir.

Dinamonun elektriksel bir yükü hangi akım ve gerilim değerlerinde besleyebileceğini bulmak için yüke ait $U - I_y$ eğrisi de aynı eksenlerde çizilir. Örneğin bir direnç için yükün $U - I_y$ eğrisi Şekil 1'de gösterildiği gibi bir doğrudur. Çalışma noktasında dinamonun ve yükün akım ve gerilimleri aynı olacağı için, dinamonun ve yükün $U - I_y$ eğrilerinin kesişim noktası çalışma akım ve gerilimini verir. Bu akım ve gerilimin çarpımı dinamonun çıkış gücüdür. Buna göre dinamonun besleyebileceği azami çıkış gücü, aynı çalışma şartlarında (aynı döndürülme hızı ve uyartım şartlarında) çıkartılan $U - I_y$ eğrisinin içine, iki kenarı eksenler üzerinde ve bir köşesi eğri üzerinde olmak üzere çizilebilecek en büyük alanlı dikdörtgenin alanıdır. Bu yalnız dinamolarda değil, bütün DC gerilim kaynaklarında geçerli bir kuraldır.



Şekil 1

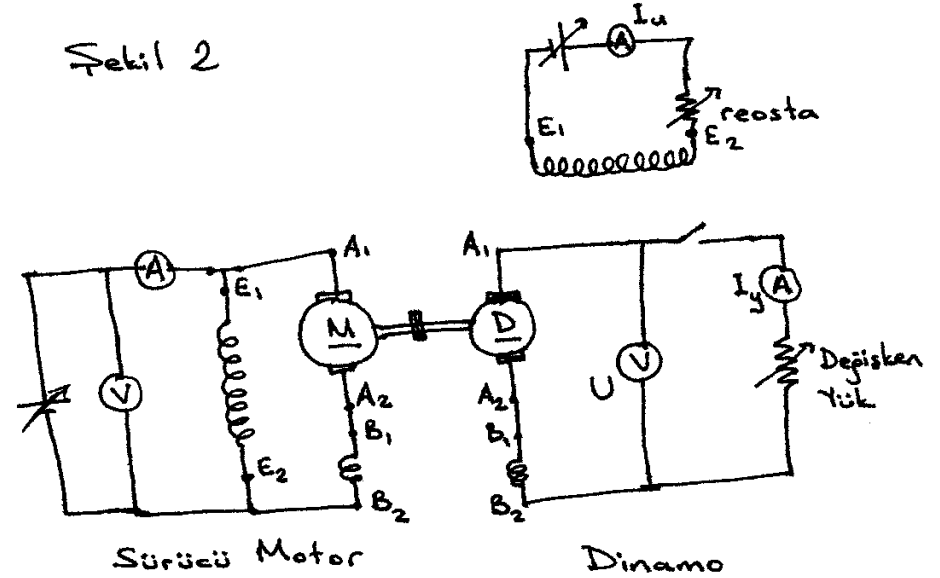
Deneyin Yapılışı:

- Şekil 2'deki devreyi kurunuz. Önceki deneyde kullandığımız dinamo uyartım sargısını kullanınız.
- Motoru çalıştırarak hızını dinamonun anma hızına getiriniz. Deney boyunca hızın bu değerde sabit tutulmasına özen gösteriniz.
- Önce uyartım akımının anma değerinin bulunması gerekir. Bunun için dinamoyu anma gerilimi (U^*) ve anma akımına (I_y^*) uygun bir yük ($R_y^* = U^*/I_y^*$) ile yükleyiniz. Hızı sabit tutarken uyartım akımını yavaşça artırarak dinamonun uç geriliminin anma hızında anma değerinde olmasını ($U = U^*$) sağlayınız. Yük uygun seçildiği için yük akımı da anma değerinde olacaktır ($I_y = I_y^*$). İşte bu durumdaki uyartım akımı anma uyartım akımı (I_u^*) olarak kaydedilir.
- Bundan sonra deneyin sonuna kadar uyartım akımını ve hızı anma değerlerinde tutmaya dikkat ediniz ve dinamo uçlarını açık devre ederek yükü kaldırınız.
- Yüksüz çalışma şartlarından başlayarak her adımda adım adım yükü (yük akımını) artırınız. Her

adımda uç gerilimini (U) ve yük akımını (I_y) kaydediniz. Bu işleme, yük akımının anma değerinin %20 fazlasına kadar devam ediniz.

- Motorun gerilimini keserek (mümkünse yavaşça) makinaların çalışmasını bitiriniz. Dinamonun armatür direncini (R_a) ve uyartım sargısı direncini (R_u) ölçerek kaydediniz.
- Dinamonun anma hızındaki sürtünme kaybı yaklaşık olarak biliniyorsa öğrenerek kaydediniz.

Şekil 2



Sonuçların Değerlendirilmesi:

- Deneyin her adımındaki ölçümlerden $E = U + R_a I_y$ iç emk değerlerini hesaplayınız. Deney sonuçlarıyla aynı tabloda gösteriniz. Hız ve I_u sabit olmasına rağmen E gerilimi neden değişiyor?
- Yüksüz durumdaki gerilimi (E_0) sabit bir doğruyla göstererek, bulduğunuz sonuçlarla Şekil 1'deki gibi E_0 , E , U ve $R_a I_a$ gerilimlerini yük akımına (burada $I_y = I_a$) karşı çizin.
- I_u^* değeri için önceki deneyde bulunan mıknatıslanma eğrisinden, endüklenen iç emk'yi bulunuz. Bu değer 1. sorudaki iç emk'lardan hangisiyle uyuyor? Neden?
- Anma yük akımı için armatür reaksiyonunun etkisiyle oluşan gerilim düşümü ne kadar olmaktadır? Çizdiğiniz eğriler üzerinde göstererek bulunuz.
- Bulduğunuz anma uyartım akımı (I_u^*), önceki deneyde anma gerilimini veren uyartım akımından % kaç fazladır? Bu fazlalık nedendir?
- Deneyin 5. adımındaki her yük akımı için verimi hesaplayarak yük akımına karşı çizin. Dinamonun sürtünme güç kaybını yaklaşık olarak biliyorsanız bunu net giriş gücüne ($E I_y + R_u I_u^2$) ekleyerek brüt giriş gücünü bulacak ve çıkış gücünü ($U I_y$) brüt giriş gücüne oranlayarak verimi bulacaksınız. Sürtünmeyi bilmiyorsanız hesaplarda ihmal ediniz.

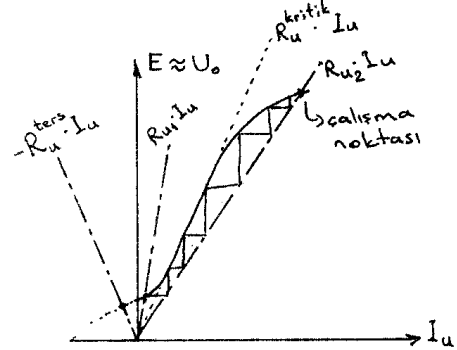
DENEY DC-2a: ŞÖNT DİNAMOLARIN DIŞ KARAKTERİSTİĞİ VE KRİTİK DİRENÇ

Amaç:

Bir şönt dinamonun herhangi bir elektriksel yükü hangi akım ve gerilim değerlerinde besleyeceğini bulmaya yarayan, sabit hızda döndürülürken uç geriliminin (U) yük akımına (I_y) göre nasıl değiştiğini gösteren dış karakteristiğini elde etmek. Ayrıca şönt dinamoda anma gerilimi civarında büyük gerilimler elde etmek için uyarım devresi direncinin kritik direnç sınırını öğrenmek.

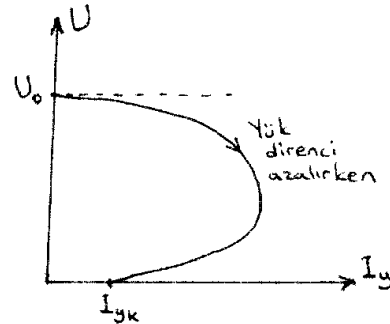
Teorik Bilgi:

Şönt bağlı bir dinamo döndürülünce, başlangıçta uyarım akımı olmayıp yalnızca artık mıknatsiyetten dolayı endüklenen artık mıknatsiyet gerilimi etkisiyle küçük bir uyarım akımı geçer. Bu uyarımın oluşturduğu akı, artık mıknatsiyet akısına zıt yönde ise dinamodan büyük gerilimler alınmaz. Hatta uyarım devresi direnci azaltılırsa uç gerilimi daha da azalır (Şekil 1, R_u^{ters} doğrusu). Bu durumda şönt sargı armatüre ters paralel bağlanmış demektir. Ancak bağlantı doğru olsa bile, anma gerilimi civarında büyük gerilimler elde etmek, uyarım devresi toplam direncinin ($R_u = R_{şönt} + \text{varsa reosta direnci}$) değerine bağlıdır. Şekil 1'de gösterilen R_{u1} gibi büyük bir uyarım devresi direnci varsa artık mıknatsiyet geriliminden büyük fakat anma değerinden oldukça küçük bir uç gerilimi elde edilir. R_u kritik bir değerin (R_u^{kritik}) altına düşürülürse (Şekil 1'de ki R_{u2} gibi) artık mıknatsiyet geriliminden kaynaklanan uyarım akımının desteğiyle uç gerilimi artar. Dolayısıyla uyarım akımı da artarak uç geriliminin daha da artmasına neden olur. Bu artışlar zincirleme olarak devam eder ve mıknatslanma eğrisinin, uyarım devresi direnç doğrusuyla kesiştiği noktada dengeye gelir. Yani şönt dinamodan anma gerilimi civarında büyük gerilimler elde edilebilmesi için $R_u < R_u^{kritik}$ olmalıdır. R_u^{kritik} , mıknatslanma eğrisinin orijinden geçen teğetinin eğimidir.



Şekil 1

Şönt dinamo yüklenirken uç gerilimi (U), armatür direnci ve fırçalar üzerindeki gerilim düşümleri ve armatür reaksiyonu nedeniyle gittikçe azalır. Ayrıca, uç geriliminin azalması nedeniyle uyarım akımı da azaldığı için uç gerilimi daha da azalır. Yük akımını (I_y) artırmak için yük direncini azaltırken öyle bir an gelir ki, yük direnci azaltılmasına rağmen, gerilimdeki büyük düşüş nedeniyle I_y azalmaya başlar. Bundan sonra yük direnci azaltılırken I_y ve U birlikte azalır. Nihayet yük kısa devre edilirse $U = 0$ olur; ancak artık mıknatsiyet geriliminin armatür direnci üzerinden

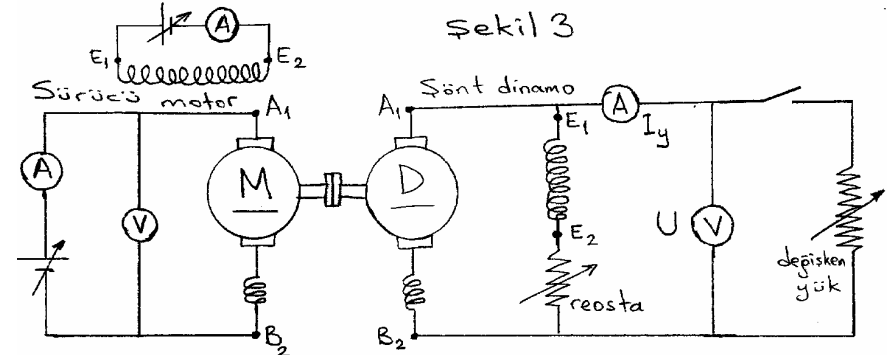


Şekil 2

geçirdiği bir kısa devre akımı $I_{yk} = E_r / R_a$ görülür. Böylece Şekil 2'de görüldüğü gibi bir dış karakteristik elde edilir.

Dinamodan alınabilecek azami elektriksel güç, iki kenarı eksenler üzerinde, bir köşesi dış karakteristik eğrisi üzerinde olmak kaydıyla çizilebilecek en büyük alanlı dikdörtgenin alanıdır.

Deneyin Yapılışı:



- Şekil 3'deki devreyi kurunuz. Şönt dinamonun uyarım devresi reostasını en büyük dirence ayarlayınız. Yük direnci ise açık devre konumunda olsun.
- Sürücü motora yol vererek dinamonun anma hızına ayarlayınız. Deney boyunca hızı bu değerde sabit tutmaya özen gösteriniz.
- Dinamonun uyarım reostası direncini azaltırken uç gerilimi artıyor mu azalıyor mu? Azalıyorsa sürücü motoru durdurun, şönt sargı uçlarını yer değiştirin ve deneye yeniden başlayın. Artıyorsa devam edin.
- Dinamo uyarım reostası direncini yavaşça azaltırken uç geriliminin küçük değerlerden birdenbire anma gerilimine yakın büyük değerlere çıktığı yerde durun. Reostanın bu konumundaki toplam uyarım devresi direncini ölçmek için isterseniz konumuna işaret koyup deneyden sonra ölçün, isterseniz sürücü motoru durdurup ölçüp sonra motora yol vererek deneye devam edin. Reosta ve şönt sargının toplam direnci ölçülecektir.
- Dinamo uyarım reostası direncini en küçük konumuna alarak deneye devam ediniz. Yükü açık devre durumundan başlayarak adım adım yük direncini azaltırken her adımda uç gerilimini ve yük akımını kaydediniz. Bu sırada hızın anma değerinde kalmasına özen gösteriniz.
- Yük direncini azaltarak yük akımının azalmaya başladığı durumu gözleyemiyorsanız, dinamo uyarım reostası direncini biraz artırıp 5. adımı yeniden yapınız.
- En sonunda yük direncini kısa devre ederek yük akımını kaydediniz.
- Daha sonra sürücü motoru durdurup enerjileri kesiniz. Dinamonun armatür ve uyarım devresi (şönt sargı + kullanıldıysa reosta) dirençlerini ölçerek kaydediniz.

Sonuçların Değerlendirilmesi:

- Önceki deneyde mıknatslanma eğrisini çıkardığımız makina ve bu aynı makinaysa ve orada kullanılan yabancı uyarım sargısı şönt sargıysa, o deneydeki mıknatslanma eğrisinden uyarım devresi kritik direnci bulunuz (Şekil 1'deki gibi). Bu değer, deneysel olarak 4. adımda bulduğunuz değerle uyuyor mu?
- Kaydettiğiniz ölçümlerle şönt dinamonun dış karakteristiğini çiziniz (Şekil 2 benzeri).
- Dinamonun kısa devre akımından ve armatür direncinden artık mıknatsiyet gerilimini hesaplayınız. Bu değer, önceki deneyde mıknatslanma eğrisinde bulduğunuz artık mıknatsiyet gerilimi ile uyuyor mu?

- Dinamonun verebileceği azami çıkış gücünü dış karakteristik üzerinden kabaca bulunuz. O çalışma için endüklenen iç emk'yı, giriş gücünü ve verimi hesaplayınız.
- Deneyin 3. adımında şönt sargı ters olursa, bağlantıyı değiştirmek yerine sürücü motorun dönüş yönünü ters çevirirsek durumu düzeltmiş olur muyuz?
- Başlangıçta dinamonun hiç artık mıknatısıyeti olmasaydı makinayı şönt dinamo olarak kullanmak mümkün olur muydu? Bunun için ne yapılması gerekirdi?

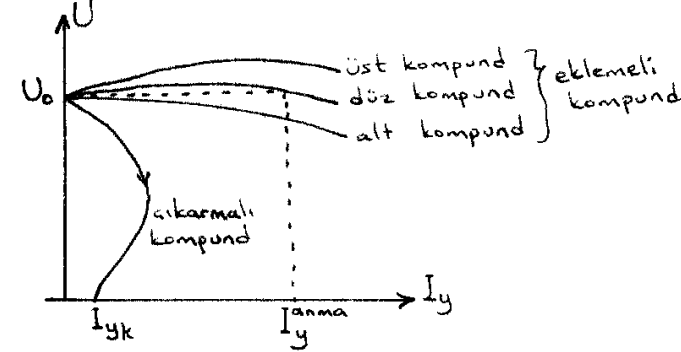
DENEY DC-2b: KOMPUND DİNAMOLARIN DIŞ KARAKTERİSTİKLERİ

Amaç:

Eklmeli ve çıkarmalı kompund dinamoların herhangi bir elektriksel yükü hangi akım ve gerilim değerlerinde besleyeceğini bulmaya yarayan, sabit hızda döndürülürken uç geriliminin (U) yük akımına (I_y) göre nasıl değiştiğini gösteren dış karakteristiklerini elde etmek.

Teorik Bilgi:

Kompund dinamolarda seri sargı akısı şönt sargı akısını destekleyecek şekilde bağlanırsa eklemeli, zayıflatacak şekilde bağlanırsa çıkarmalı kompund dinamo elde edilir. Şönt sargı akısı ise, şönt dinamolardaki gibi artık mıknatısıyet akısını destekleyecek yönde olmalıdır ki anma değeri civarında büyük uç gerilimleri elde edilebilsin.

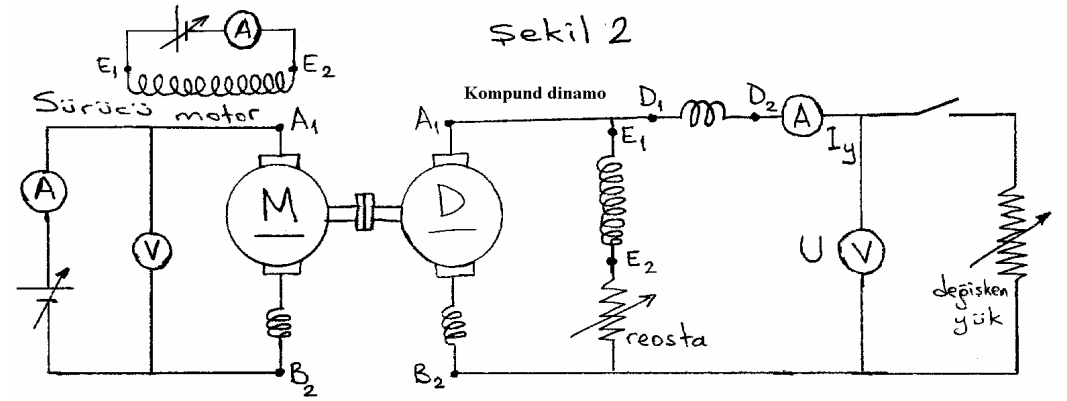


Şekil 1

Seri sargı akısı yük akımıyla yaklaşık doğru orantılı olduğu için her iki tip kompund dinamo da yüksüz çalışmada şönt dinamo gibi davranır. Ancak yük akımı arttıkça, net akısı azaldığı için çıkarmalı kompunddaki gerilim düşümü şönttekenden çok daha fazla olur. Yük direncinin azaltılmasına rağmen yük akımının azalmasına da daha erken rastlanır. Yük kısa devre olduğunda yine şönt dinamolardaki gibi bir kısa devre akımı geçer. Böylece Şekil 1'deki gibi bir dış karakteristik elde edilir. Eklmeli kompundda ise yük akımı arttıkça seri sargının akı desteği, gerilim düşümlerini karşılayabilir veya karşılamayabilir. Ancak büyük yük akımlarında manyetik doyma nedeniyle toplam akı çok artamayacağından gerilim düşümü her haliükârda baskın olmaya başlar. Sonuç olarak eklemeli kompund dinamonun dış karakteristiği Şekil 1'de görülen üç durumdan birisi olur. Anma yük akımındaki (I_y^{anma}) uç gerilimi boştakinden daha büyükse buna 'üst kompund', eşitse ($\pm\%5$ civarı) 'düz kompund', küçükse 'alt kompund' denir.

Deneyin Yapılışı:

- Şekil 2'deki devrenin sürücü motor kısmını aynen, dinamo kısmının ise önce yalnızca şönt sargısını armatürüne bağlayınız.



- Sürücü motora yol vererek dinamo gerilimini gözleyiniz. Gerilim küçük bir değerde kalıyorsa motoru durdurup enerjiyi kestikten sonra şönt sargı uçlarını ters çeviriniz. Sürücü motora yeniden yol verip dinamo geriliminin anma değeri civarına kadar yükseldiğini gördükten sonra yeniden motoru durdurup enerjiyi kesiniz.
- Dinamo tarafının devresini Şekil 2'deki gibi tamamlayınız.
- Sürücü motora yeniden yol veriniz. Dinamo gerilimi anma değeri civarında dengeye geldikten sonra az bir elektriksel yük bindirerek ve yükü küçük adımlarla artırarak uç geriliminin nasıl değiştiğini gözleyiniz. Gerilim yüklenmeyle çok belirgin bir şekilde düşüyorsa çıkarmalı kompund, fazla değişmiyorsa eklemeli kompund bağlandığı anlaşılır. Sürücü motoru durdurup enerjiyi kestikten sonra yalnızca seri sargı uçlarını ters çevirerek bir çeşitten diğerine geçilebilir.
- Deneyin 6. adımını eklemeli ve çıkarmalı kompunddan önce birisi için tamamlayınız. Sonra da diğer bağlantıya geçip aynı işlemleri tekrarlayınız.
- Sürücü motoru hep anma hızında çalıştırırken dinamo elektriksel yükünün açık devre durumundan başlayarak adım adım yük direncini azaltırken her adımda uç gerilimini ve yük akımını kaydediniz.
- Çıkarmalı kompunda 6. adımda yük direncini kısa devre oluncaya kadar adım adım azaltmaya devam ediniz. Yük direncinin azaltılmasına rağmen yük akımının azaldığı durumu görmeye çalışınız. Göremiyorsanız dinamo şönt sargısına seri bir reosta kullanarak deneyi yeniden yapınız.
- Sürücü motoru durdurup bütün sistemin enerjisini kesiniz. Bağlantıları söktükten sonra dinamonun armatür, seri ve şönt sargı dirençlerini ölçerek kaydediniz.

Sonuçların Değerlendirilmesi:

- Aldığımız ölçümlerle eklemeli ve çıkarmalı kompund dinamoların dış karakteristiklerini aynı eksenler üzerinde gösteriniz (Şekil 1 benzeri).
- Eklmeli kompund dinamonuz hangi çeşittir (alt, üst, düz?), neden?
- Çıkarmalı kompund dinamonun kısa devre akımından, armatür ve seri sargı direncinden, artık mıknatısıyet gerilimini hesaplayınız. Bu değer, şönt dinamo deneyinde hesapladığınız ve mıknatıslanma eğrisi deneyinde bulduğunuz değerlerle uyuyor mu?
- Eklmeli kompund dinamonun anma yük akımındaki verimini hesaplayınız. Dinamonun çalışma hızındaki sürtünme kaybını biliyorsanız hesaba katınız, bilmiyorsanız ihmal ediniz.
- Sağlıklı çalışmakta olan eklemeli veya çıkarmalı kompund dinamonun döndürülme yönünü tersine çevirirsek ne olur?
- Sağlıklı çalışmakta olan eklemeli veya çıkarmalı kompund dinamonun hem döndürülme yönünü hem de armatür sargısı uçlarını ters çevirirsek ne olur?

DENEY DC-3: YABANCI UYARTIMLI DC MOTORLARIN TORK – HIZ KARAKTERİSTİĞİ

Amaç:

Yabancı uyartımlı bir dc motorun sabit uç gerilimi ve sabit uyartım akımında herhangi bir yükü hangi hız ve tork değerinde döndürebileceğini bulmaya yarayan tork-hız karakteristiğini elde etmek. Farklı bir uç gerilimi veya uyartım akımı için çıkartılan tork-hız eğrisinin nasıl değiştiğini görmek.

Teorik Bilgi:

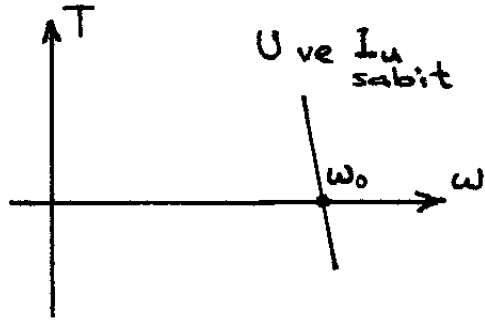
Tork (moment) döndürme etkisi demektir. Elinize uzun çubuk şeklinde bir cisim alıp iki elinizle ortasına yakın yerlerinden tutup burmaya (zıt yönlerde döndürmeye) çalışırsanız, burulmanın çubuğun iki elinizin arasında kalan kısmında olduğunu görürsünüz. Motorlarda da burulma, yük döndürmeye karşı zorluk gösterirken motorun milinin yüke bağlandığı kısmında meydana gelir. Bu yüzden tork ölçümü milin herhangi bir kısmında değil, motorla yükün birleştiği kısımda yapılmalıdır. Torkmetre, mekanik bağlantı ayrılıp araya bağlanmalıdır. Pahalı olması, bağlama ve hassas ölçüm gibi zorluklarından dolayı torkmetre kullanmadan diğer ölçümlerle net çıkış torkunu hesaplamak istersek bu defa sürtünme torkunu bilmemiz gerekir. Bunun için de yüksüz durumdaki, yani yalnızca sürtünme etkisi altındaki torku, diğer ölçümlerden hesaplayabiliriz. Bu tork, yüksüz durumda hesaplanan elektromekanik (brüt) çıkış gücünün (P_{m0}) açısal hıza (ω) bölünmesiyle

kolayca bulunabilir. Sürtünme torku ($T_{sür}$) genellikle yaklaşık olarak şöyle ifade edilebilir:

$$T_{sür} = B\omega$$

Burada B sürtünme katsayısı olup $B = T_{sür} / \omega = P_{m0} / \omega^2$ birimi $Nm \cdot s / rad$ 'dır.

Sürtünme yalnızca mekanik bir olay değildir. Eğer dönen bir iletken cisim üzerinde bir manyetik alan varsa, girdap akımları nedeniyle meydana gelecek güç kayıpları da ω^2 ile orantılı olduğundan "manyetik sürtünme" adıyla sürtünme kayıpları arasında ele alınır. Anlatılan yöntemle bulunacak B katsayısı manyetik sürtünmeyi de içerir ve motorun uyartım akımına göre bir miktar değişir; çünkü rotor üzerindeki manyetik alanı oluşturan, uyartım akımıdır.

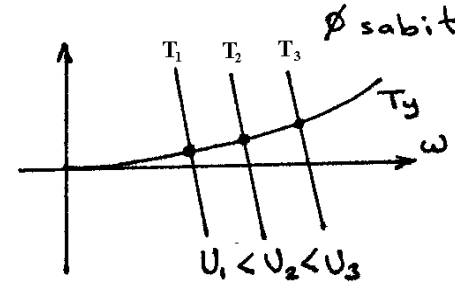


Şekil 1

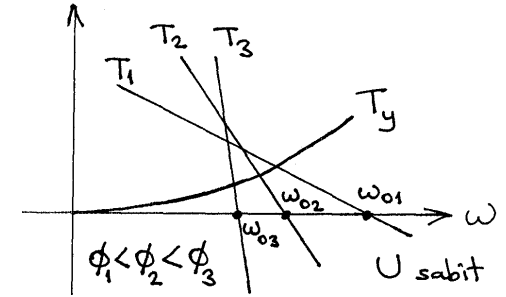
Yabancı uyartımlı motorların sabit uç gerilimi (U) ve sabit uyartım akımında (I_u) tork-hız ilişkisi, armatür akımı $I_a = (U - E) / R_a$ ve zıt emk $E = K_a \phi \omega$ ifadelerinden faydalanarak

$$T = \frac{EI_a}{\omega} = K_a \phi I_a = \left(\frac{K_a \phi U}{R_a} \right) - \left(\frac{K_a^2 \phi^2}{R_a} \right) \omega$$

biçiminde bulunur. Buradaki parantez içleri, akı (ϕ) ve (U) sabit olduğu için birer sabittir ve tork (T) – hız (ω) ilişkisi negatif eğimli bir doğru olarak bulunur (Şekil 1). Ancak bu tork, brüt torktur. Gerçekte sürtünme torku çıkartılınca, aynı hızlara karşı daha küçük torklar, diğer bir deyişle de aynı torklara karşı daha küçük hızlar elde edilir. $P_m = T\omega$ 'nın negatif olduğu kısımlar, yabancı uyartımlı dc makinanın jeneratör olarak çalıştığı durumdur. Fakat bu çalışma sabit U gerilimiyle, ancak tüketici olarak çalışmaya uygun (+ ucundan akım girebilen) bir gerilim kaynağıyla ya da Şekil 4'ün solundaki gibi ters akım geçmesine imkân tanıyan güçlü bir değişken direnç yardımıyla yapılabilir.

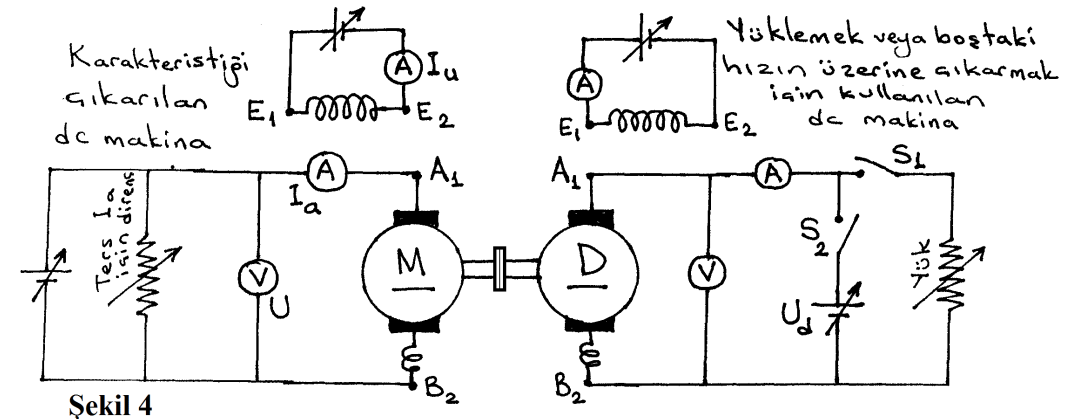


Şekil 2



Şekil 3

U gerilimi ve ϕ akısının (uyartım akımının) değiştirilmesine göre hız kontrolü, sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir. Yüke ait tork-hız eğrisi ile motorun tork-hız eğrilerinin kesiştiği nokta çalışma noktasıdır. Yabancı uyartımlı motorun tork-hız eğrisinin eğimi U 'dan bağımsızdır. Bu nedenle en kullanışlı hız kontrolü, U gerilimini değiştirerek yapılır. ϕ akısı (uyartım akımı) değiştirilince hem eğim, hem de boştaki hız ($\omega_0 = \frac{U}{K_a \phi}$) değişir.



Şekil 4

Deneyin Yapılışı:

1. Şekil 4'teki devreyi kurunuz. Buradaki dinamo elektriksel olarak yüklenince, motor da mekanik olarak yüklenmiş olacaktır. Motoru beslemeden S1 şalteri açılıp S2 kapatılır ve U_d kaynağından gerilim uygulanırsa (dinamoyu motor modunda çalıştırınca) sistemin dönüş yönü aynı olacak şekilde U_d kaynağı bağlanmalıdır.
2. S1 ve S2 açık iken dinamoya sabit bir uyarım akımı veriniz. Motora da sabit bir uyarım akımı uygulayınız. Önce sürtünme katsayısını bulma deneyi yapılacaktır.
3. Motorun armatürüne adım adım artan gerilim uygulayarak dönüş hızını adım adım artırınız. Her adımda hızı (n), motorun uç gerilimi (U) ve armatür akımını (I_a) ölçerek Tablo 1'in ilk üç sütununa kaydediniz
4. Motorun uç gerilimini ve uyarım akımını belli birer değerde (U_1 ve I_{u1}) sabit tutunuz (tercihen anma değerleri). Bu sabit değerler için tork-hız değişimi bulma deneyi yapılacaktır.
5. Dinamonun yük şalterini (S1) kapatınız ve armatür akımı aşırı olmayacak (anma akımının 1,2 katını aşmayacak) şekilde yükü en büyük değerine getiriniz. Bu durumdan itibaren yükü adım adım azaltırken her adımda motorun armatür akımını (I_a) ve dönüş hızını (n) ölçerek Tablo 2'nin ilk iki sütununa kaydediniz. Her adımda $U = U_1$ değerinde sabit tutulması gerektiğini unutmayınız.
6. Bütün yükü kaldırdıktan (S1 açıldıktan) sonra sürtünme nedeniyle halen motor armatüründen akım geçtiğini göreceksiniz. Dinamonun uyarım akımının çok küçük **olmaması** şartıyla S2 şalterini kapatınız ve U_d gerilimini artırarak motorun armatür akımının azalmasını sağlayınız. Bu durumda her iki makina da sürtünme kayıplarını karşılamak üzere motor durumunda çalışmaktadır. Motorun armatür akımını (I_a) bir iki adımda sıfıra getirirken yine her adımda I_a ve n ölçümlerini kaydediniz. $I_a = 0$ gözlediğiniz durumdaki hız, motorun sürtünmesiz boşa çalışma hızıdır. Çünkü biraz önce dinamo olarak kullandığımız makine artık motor olarak sürtünmeyi tamamen karşılamaktadır.
7. Tork-hız karakteristiğini çıkarmakta olduğumuz dc makinaya bağlı gerilim kaynağı, tüketici olarak çalışmaya uygun (+ ucundan akım girebilen) bir gerilim kaynağı ise $I_a < 0$ olacak şekilde U_d gerilimini artırarak 6. adımdaki ölçümlerden birkaç çift daha alıp kaydediniz. Değilse kaynağa ve karakteristiği çıkarılan dc makinaya paralel bağlı direnci azaltarak armatür akımını artırarak gerilim düşümü etkisiyle $U = U_1$ değerinde sabit tutunuz. Bu durumda aynı uç geriliminde makina jeneratör moduna geçmiş olacaktır. Tablo 2'nin ilk iki sütunu için yeterli sayıda ölçüm çifti aldıktan sonra U_d gerilimini sıfırlayıp S2 şalterini açınız.
8. Deneyin 4.-7. adımlarını, motora aynı uyarım akımı (I_{u1}) ile başka bir uç gerilimi (U_2) uygulayıp sabit tutarak tekrarlayınız. Ölçümlerinizi Tablo 3'ün ilk 2 sütununa kaydediniz.
9. Deneyin 4.-7. adımlarını, motora ilk uç gerilimini (U_1) başka bir uyarım akımı (I_{u2}) ile uygulayıp sabit tutarak tekrarlayınız. Ölçümlerinizi Tablo 4'ün ilk 2 sütununa kaydediniz.
10. Makinaların armatürlerine bağlı gerilim kaynaklarını sıfırlayıp bütün sistemin enerjisini kesiniz. Karakteristiğini çıkarttığınız makinanın armatür ve uyarım sargısı dirençlerini (R_a, R_u) ölçerek kaydediniz (R_u ölçümüne varsa uyarım reostası direncini dahil **etmeyiniz**).

Sonuçların Değerlendirilmesi:

1. Deneyin 3. adımındaki ölçümleri ve 10. adımda ölçülen R_a değerini kullanarak, iç emk $E = U - R_a I_a$, setin toplam sürtünme kayıp gücünün yarısının dc motordan kaynaklandığını varsayarak sürtünme güç kaybını (elektromekanik) $P_{sür} = EI_a / 2$, açılma hızı $\omega = 2\pi n / 60$ ve sürtünme torkunu $T_{sür} = P_{sür} / \omega$ hesaplayarak Tablo 1'in eksik kısımlarını doldurunuz.
2. ω 'ya karşı $T_{sür}$ grafiğini çiziniz. Bu grafiği yaklaşık olarak **orijinden geçen** bir doğru ile temsil ediniz. Bu doğrunun eğimi yaklaşık olarak sürtünme katsayısı B 'dir (birimi Nm.s/rad).
3. Deneyin 4.-7. adımlarındaki değerlerle, karakteristiği çıkartılacak motorun E , brüt çıkış gücü ($P_m = EI_a$), ω , brüt çıkış torku (T_m), sürtünme kaybı $P_{sür} = B\omega^2$, net çıkış gücü ($P_\zeta = P_m - P_{sür}$) ve verim $\left(\eta = \frac{P_{\text{çıkış}}}{UI_a + R_u I_u^2} \right)$ değerlerini hesaplayarak Tablo 2'nin eksik kısımlarını doldurunuz.
4. Motorun armatür akımının anma değerindeki verim, net çıkış gücü ve torku ne olmaktadır?
5. Sonuçların Değerlendirilmesi 3. adımındaki işlemleri, deneyin 8. adımındaki şartlarda alınan ölçümlerle tekrarlayınız (Tablo 3).
6. Sonuçların Değerlendirilmesi 2. adımındaki işlemleri, deneyin 9. adımındaki şartlarda alınan ölçümlerle tekrarlayınız (Tablo 4).
7. Sonuçların Değerlendirilmesi 3., 5. ve 6. adımlarındaki verimleri aynı eksenler üzerinde ω 'ya karşı çiziniz.
8. Sonuçların Değerlendirilmesi 3. ve 5. adımlarındaki brüt torkları (T_m) aynı eksenler üzerinde ω 'ya karşı çiziniz. Böylece U gerilimiyle tork-hız karakteristiğinin nasıl değiştiğini göreceksiniz (Şekil 2 gibi).
9. Sonuçların Değerlendirilmesi 3. ve 6. adımlarındaki brüt torkları (T_m) aynı eksenler üzerinde ω 'ya karşı çiziniz. Böylece I_u akımıyla tork-hız karakteristiğinin nasıl değiştiğini göreceksiniz (Şekil 3 gibi).

Tablo 1

n	U	I_a	E	ω	$P_{sür}$	$T_{sür}$

Tablo 2, Tablo 3, Tablo 4

$$U = \dots \quad I_u = \dots$$

n	I_a	E	ω	P_m	T_m	$P_{sür}$	P_ζ	$P_g = UI_a + R_u I_u^2$	η

DENEY DC-4a: SERİ MOTORLARIN TORK-HIZ KARAKTERİSTİĞİ

Amaç:

Seri uyarımlı bir dc motorun, sabit uç gerilimi altında herhangi bir yükü hangi hız ve tork değerinde döndüreceğini bulmaya yarayan tork-hız eğrisini elde etmek.

Teorik Bilgi:

Seri uyarımlı dc motorlarda yük, armatür ve uyarım akımları birbirine eşit olduğu için ($I_y = I_a = I_u$) brüt tork

$$T = K_a \phi I_a \approx K I_u I_a = K I_y^2$$

biçiminde yük akımının karesiyle yaklaşık doğru orantılıdır. Yük akımı

$$I_y = \frac{U - E}{R_a + R_s} = \frac{U - K_a \phi \omega}{R_a + R_s} \approx \frac{U - K I_u \omega}{R_a + R_s} = \frac{U - K I_y \omega}{R_a + R_s}$$

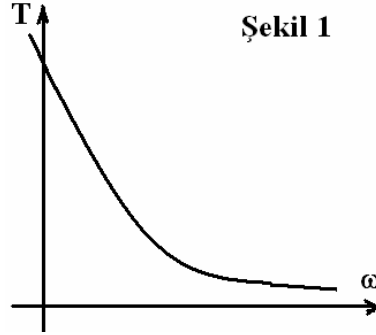
denklemden çekilip tork ifadesinde yerine yazılırsa

$$(R_a + R_s + K \omega) I_y \approx U$$

$$I_y \approx \frac{U}{R_a + R_s + K \omega}$$

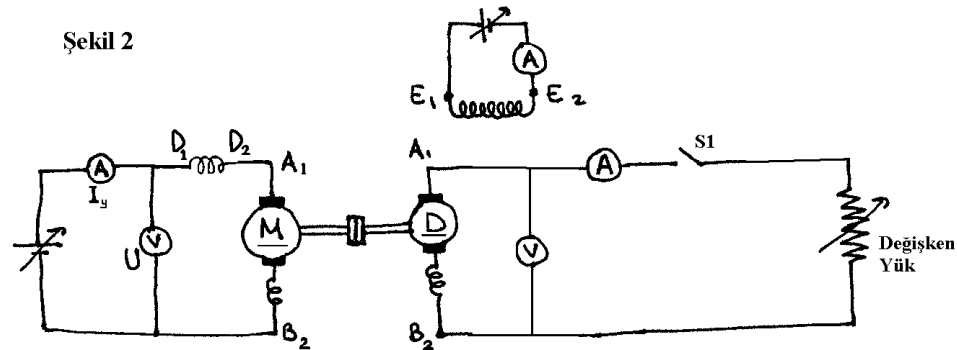
$$T \approx \frac{K U^2}{(R_a + R_s + K \omega)^2}$$

olarak torkun hızı (ω) bağlı ifadesi bulunur. Buna göre tork-hız eğrisi Şekil 1'deki gibi olur. Dikkat edilirse armatür ve seri sargı dirençleri (R_a, R_s) küçük değerler olduğu için kalkış ($\omega = 0$ iken) torku oldukça büyük bir değerdir: $T_{kalkis} = K U^2 / (R_a + R_s)^2$. Diğer yandan yüksüz çalışmada $T \approx 0$ olduğu için hız sonsuza gitmeye çalışır ($\omega \rightarrow \infty$). Sürtünme nedeniyle tork tam sıfır olmadığı için hız sonlu kalır; ancak motorun mekanik yapısına zarar verecek derecede yüksek hızlara ulaşabilir. Bu nedenle seri motorlar asla (kalkışta bile) yüksüz çalıştırılmamalıdır; küçük de olsa bir yük bindirilmelidir. Motorun tork-hız eğrisinin yüke ait tork-hız eğrisiyle kesişim noktası, motorun o yükü hangi hız ve tork değerlerinde döndüreceğini gösterir. Motorunki brüt tork ise sürtünme yük torku içinde hesaba katılmalı, net tork ise sadece yükün tork-hız eğrisiyle kesiştirilmelidir.



Şekil 1

Şekil 2



Deneyin Yapılışı:

- Şekil 2'deki devreyi kurunuz.
- Motorunuzun seri çalışmadaki anma gerilimi, diğer çalışmalardakinden muhtemelen farklıdır. Bu gerilimi öğreniniz ve kaydediniz.
- Motor yüksüz iken uç gerilimini (U) yavaşça artırarak motora yol veriniz; ancak bu arada hızı sürekli ölçerek kontrolünüz altında bulundurunuz. Hızın aşırı yükselişini gözleyiniz; fakat hız tehlikeli değerlere ulaşmadan uç gerilimini azaltarak motoru durdurunuz.
- Yüklemeye dinamosuna küçük bir yük bağladıktan sonra motorun uç gerilimini yeniden yavaşça artırarak motora yol veriniz. Motorun uç gerilimini anma değerinde sabit tutarak yükünü artırınız. Motor akımı anma akımının %20 fazlasını geçmeyecek şekilde mümkün olan en büyük yükü uygulayınız.
- Motor yükünü adım adım azaltırken uç gerilimini anma değerinde tutmaya özen göstererek her adımda motor akımını (I_y) ve devir sayısını (n) ölçerek kaydediniz.
- Yükü azaltma işlemine, hız tehlikeli derecelere yükselmeden son veriniz. U gerilimini sıfırlayarak sistemin enerjisini kesiniz.
- Bağlantısını söküp seri sargı ve armatür sargısı dirençlerini ölçerek kaydediniz.

Sonuçların Değerlendirilmesi:

- Deneyin 5. adımındaki her ölçüm çifti için, sabit tutulan uç gerilimini ve sargı dirençlerini de dikkate alarak açısal hızı (ω), zıt emk'yi (E), elektromekanik (brüt çıkış) gücü ($P_m = E I_y$), brüt çıkış torkunu ($T_m = P_m / \omega$), daha önceki deneyde bu motor için bulduğunuz sürtünme katsayısını (B) kullanarak sürtünme güç kaybını ($P_{sür} = B \omega^2$), net çıkış gücünü ($P_{çikis}$), giriş gücünü ($P_{giriş} = U I_y$) ve verimi (η) hesaplayarak aşağıdaki gibi bir tablo halinde gösteriniz.

I_y	n	ω	E	P_m	T_m	$P_{sür}$	$P_{çikis}$	$P_{giriş}$	η

- Brüt çıkış torkunu ω 'ya karşı çiziniz.
- Brüt çıkış torkunu I_y 'ye karşı çiziniz. Bu eğrinin parabolik olduğu söylenebiliyor mu? Büyük yük akımlarında (=uyarım akımlarında) doyma (parabol doğrusallaşabilir) gözleniyor mu?
- Bu deneyde kullanılan anma gerilimi, motorun diğer çalışmalarında kullanılan anma gerilimine göre çok küçük ise bu ne anlama gelir?
- Seri motorun dönüş yönü nasıl değiştirilebilir? Yalnızca uç geriliminin ters çevrilmesi dönüş yönünü tersine çevirir mi?

DENEY DC-4b: ŞÖNT MOTORLARIN TORK-HIZ KARAKTERİSTİĞİ

Amaç:

Şönt uyarımlı bir dc motorun, sabit uç gerilimi altında herhangi bir yükü hangi hız ve tork değerinde döndüreceğini bulmaya yarayan tork-hız eğrisini elde etmek.

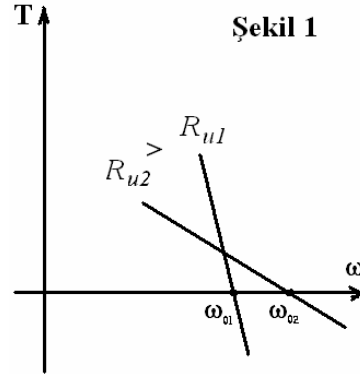
Teorik Bilgi:

Şönt motorlarda uç gerilimi (U) sabit tutulursa uyarım akımı da sabit olacaktır. Fakat şönt sargıya seri bir reosta kullanılırsa U sabitken de uyarım akımını değiştirmek mümkün olur. Bu reostanın ve şönt sargının toplam direncine toplam uyarım direnci (R_u) diyelim. Brüt tork (T)

$$E = K_a \phi \omega \approx K I_u \omega = K \frac{U}{R_u} \omega$$

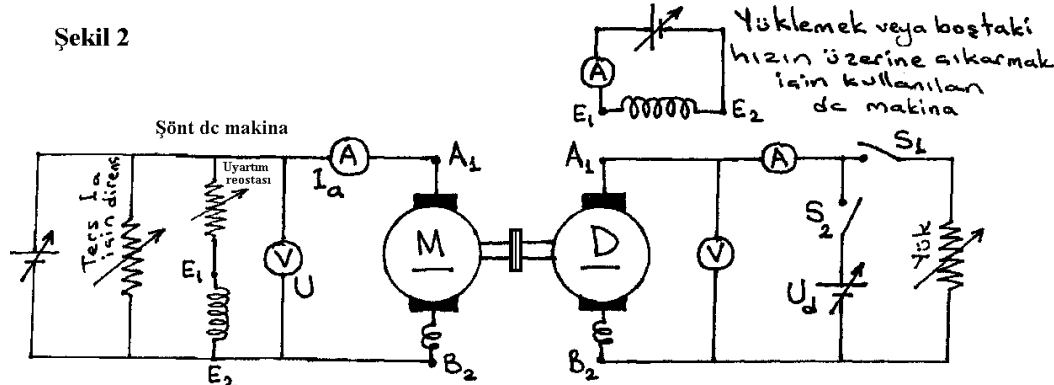
$$T = \frac{E I_a}{\omega} = \frac{E}{\omega} \left(\frac{U - E}{R_a} \right) \approx K \frac{U}{R_u} \left(\frac{U - K \frac{U}{R_u} \omega}{R_a} \right)$$

$$T \approx \left(\frac{K U^2}{R_u R_a} \right) - \left(\frac{K^2 U^2}{R_u^2 R_a} \right) \omega$$



olur. Bu son ifadedeki parantez içleri birer sabit olduğundan şönt motorun brüt tork-hız eğrisi yaklaşık bir doğrudur (Şekil 1). Boşta çalışma ($T = 0$ iken) hızı $\omega_0 = R_u / K$ olup gerilimden bağımsızdır; yalnızca reosta direnciyle değiştirilebilir. Buna göre reosta direncini artırarak yani uyarım akısını azaltarak, boşta veya küçük yüklerde çalışma hızı artırılabilir. Ancak bu yöntem çok büyük yükler için geçerli değildir. $\omega > 0$ iken torkun negatif olduğu bölgede ise şönt dc makina artık bir motor değil jeneratördür. Çünkü elektromekanik güç $P_m = T\omega < 0$ olmuştur.

Şekil 2



Deneyin Yapılışı:

- Şekil 2'deki devreyi kurunuz. Şönt motorun uyarım reostasını sıfır direnç konumuna getiriniz. U_d ve U gerilimlerini sıfıra ayarladıktan sonra sisteme enerji veriniz. U_d ve U gerilim kaynaklarının, tek başlarına kullanılırsa sistemi aynı yönde döndürecek şekilde bağlandığını deneyerek görünüz. Zıt yönde döndürüyorlarsa enerjiyi kesip yabancı uyarımlı dc makinanın uyarım sargısını ters çevirdikten sonra sisteme tekrar enerji veriniz.
- Motorun gerilim kaynağından U gerilimini yavaşça artırarak şönt motora yol veriniz. Bu arada akımının aşırı yükselmemesine dikkat ediniz. Gerilimi anma değerine getiriniz ve deney boyunca bu değerde tutmaya özen gösteriniz.

- Yükleme dinamosuna bağlı S1 anahtarını kapatınız ve motor akımı anma akımının %20 fazlasını geçmeyecek şekilde mümkün olan en büyük yükü uygulayınız.
- Motor yükünü adım adım azaltırken uç gerilimini anma değerinde tutmaya özen göstererek her adımda motor armatür akımını (I_a) ve devir sayısını (n) ölçerek kaydediniz. Nihayet S1 anahtarını açarak bütün yükü kaldırınız.
- Sürtünme nedeniyle ideal boşta çalışma hızına ulaşamamaktadır. S2 anahtarını kapatarak önceki adımda yüklemeye dinamosu olarak kullanılan dc makinanın motor olarak çalışmasına imkân veriniz. U_d gerilimini artırarak mümkünse bir iki adımda I_a akımının azalarak sıfıra kadar ulaşmasını sağlayınız. Her adımda yine I_a ve devir sayısını (n) ölçerek kaydediniz. $I_a = 0$ olması, şönt motorun verdiği torkun sıfır olması, yani bütün sürtünmenin karşısındaki dc makina tarafından karşılandığı anlamına gelir ki bu durumdaki hız ideal (sürtünmesiz) boşta çalışma hızıdır.
- U gerilim kaynağı tüketici olarak çalışmaya uygunsa U_d gerilimini artırarak negatif I_a 'lar için de birkaç çift ölçüm alınız. Değilse ters yönde I_a geçmesi için kullanılan güçlü değişken direnci ayarlayarak U 'yu sabit tutunuz. Böyle direnciniz yoksa bu adımı yapamayacaksınız.
- Yeniden S2 anahtarını açınız. Şönt motorun uyarım reostası direncini sıfırdan farklı bir değere getirerek uyarım akımını azaltınız. Motorun hızlandığını görüyor musunuz?
- Deneyin 3.-6. adımlarını bu uyarım akımı için tekrarlayınız.
- Gerilimleri sıfırlayıp sistemin enerjisini kesin. Bağlantılarını ayırıp armatür ve şönt sargılarının ve reostanın dirençlerini ölçerek kaydediniz.

Sonuçların Değerlendirilmesi:

- Deneyin 4. adımındaki her ölçüm çifti için, sabit tutulan uç gerilimini, R_u ve R_a dirençlerini de dikkate alarak açısal hız (ω), zıt emk (E), elektromekanik (brüt) çıkış gücü ($P_m = E I_a$), brüt çıkış torku ($T_m = P_m / \omega$) ve daha önceki deneyde elde ettiğiniz deney setine ait sürtünme gücünün sözkonusu hız değerine karşılık gelen değerini bularak net çıkış gücünü ($P_{çıkis}$), giriş gücünü ($P_{giriş} = U I_a + U^2 / R_u$) ve motor bölgesi için verimi (η) hesaplayarak aşağıdaki gibi bir tablo halinde gösteriniz. Buradaki $P_{giriş}$ ve η hesabında reosta üzerindeki kayıp da motora aitmiş gibi varsayılmıştır. İstenirse hariç de tutulabilirdi.

I_a	n	ω	E	P_m	T_m	$P_{sür}$	$P_{çıkis}$	$P_{giriş}$	η

- Benzeri hesapları ve tabloyu deneyin 8. adımındaki yeni R_u değeri için aldığımız ölçümlerle tekrar yapınız.
- İki ayrı R_u değeri için brüt çıkış torklarını ω 'ya karşı aynı eksenler üzerinde çiziniz (Şekil 1 benzeri) ve yorumlayınız. R_u direncinin artırılması tork-hız eğrisini nasıl etkiliyor?
- Şönt motorun dönüş yönü nasıl değiştirilebilir? Yalnızca uç geriliminin ters çevrilmesi dönüş yönünü tersine çevirir mi?
- Bu deneyde şönt motorun aşırı kalkış akımı çekmemesi için nasıl bir yol izlenmiştir? Uç gerilimi sabit ve anma değerinde olsaydı kalkış akımını sınırlamak için ne yapılabilirdi?

DENEY DC-5: KOMPUND MOTORLARIN TORK-HIZ KARAKTERİSTİĞİ

Amaç:

Bir kompund dc motorun, sabit uç gerilimi altında herhangi bir yükü hangi hız ve tork değerinde döndüreceğini bulmaya yarayan tork-hız eğrisini elde etmek. Eklemeli veya çıkarmalı kompund çalıştırmayı ve bunların karakteristikleri arasındaki farkları öğrenmek.

Teorik Bilgi:

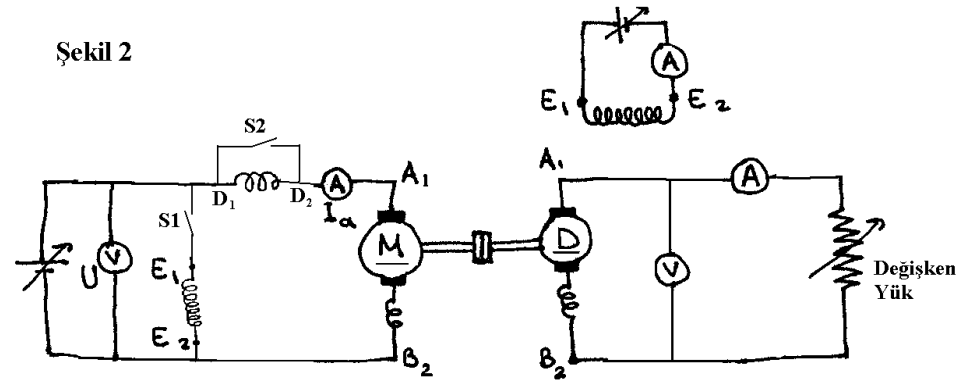
Kompund motorlar, seri sargı akısı şönt sargı akısını destekliyorsa ($\phi = \phi_{\text{şönt}} + \phi_{\text{seri}}$) “eklemeli kompund”, zayıflatıyorsa ($\phi = \phi_{\text{şönt}} - \phi_{\text{seri}}$) “çıkarmalı kompund” adını alırlar. Bu akıların her biri kendi sargısından geçen akımla yaklaşık doğru orantılıdır. Yani yük akımı arttıkça seri sargıdan geçen akım artacağı için ϕ_{seri} de artar. Yüksüz çalışmada ise ϕ_{seri} oldukça küçüktür. Bu yüzden kompund motorların sabit uç geriliminde (U) elde edilen tork-hız eğrileri küçük yüklerde şönt motorlarınkine benzer. Yüklenmeyle birlikte eklemeli kompundda toplam akı arttığı için hız belirgin bir şekilde azalır. Zira zıt emk $E = K_a \phi \omega$ 'nın, uç gerilimini karşılaması için daha yavaş dönmesi yeterlidir. Ayrıca yük arttıkça tork-hız eğrisi seri motorlarınkine benzemeye başlar ve büyük torklar üretilir. Çıkarmalı kompund motorun toplam akısı ise yüklenmeyle birlikte azaldığı için, yükün motoru yavaşlatma çabasına karşı koyabilir. Zira zıt emk $E = K_a \phi \omega$ 'nın, uç gerilimini karşılaması için daha hızlı dönmesi gerekir. Sonuçta küçük yüklerde çıkarmalı kompund motorun hızı yaklaşık sabit kalır. Ancak büyük yüklerde akı iyice azalınca motor artık yükü karşılayacak torku ($T = K_a \phi I_a$) üretemez hale gelir ve hız belirgin bir şekilde azalır. Şekil 1’de eklemeli ve çıkarmalı kompund motorların tork-hız eğrileri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çıkarmalı kompundda toplam akının sıfır olmaması için genellikle seri sargı akısı normal çalışmalarda şönt sargı akısından küçük olacak şekilde yapılır. Fakat değişken gerilimle kalkış sırasında akımının yüksek gerilimin küçük olması nedeniyle seri sargı akısı daha büyük olursa, gerilim artarken akı sıfıra yaklaşarak kalkış için yeterli torku üretemeyecektir. Böyle bir duruma karşı uygun bir kalkış yöntemiyle önlem alınmalıdır. Bu amaçla bu deneyde seri sargı, çıkarmalı kompund motorun kalkışı sırasında kısa devre edilerek etkisiz hale getirilmekte, sonra da kısa devresi açılarak devreye alınmaktadır.

Deneyin Yapılışı:

- Şekil 2’deki devreyi kurunuz. S1 ve S2 anahtarları açık iken, yani seri motor olarak U gerilimini yavaşça artırarak motorun hangi yönde döndüğünü gözleyiniz. Daha sonra U gerilimini sıfırlayarak bu kez S1 ve S2’yi kapatınız. Böylece şönt motor haline gelen makinayı, U gerilimini yavaşça artırarak döndürünüz. Dönüş yönü seri motorunkinin tersi ise ya seri ya da şönt sargının (yalnızca birisinin) uçlarını ters çeviriniz. Böylece seri ve şönt çalışmada motorun aynı yönde dönmesini sağlayınız.
- S1’i kapatıp S2’yi açarak eklemeli kompund motor bağlantısı elde ediniz. U gerilimini yavaşça artırarak motora yol veriniz. Gerilimi anma değerine getirip sabit tutunuz.

Şekil 2



- Yüklemeye dinamosunu yüksüz durumdan başlayarak adım adım artan şekilde yükleyiniz. Her adımda motor gerilimini sabit tutarken, devir sayısını (n) ve motorun armatür akımını (I_a) ölçerek kaydediniz. Motor veya dinamodan kendi anma akımının %120’si geçene kadar bu işleme devam ediniz. Sonra yükü kaldırıp motorun gerilimini sıfırlayınız ve enerjiyi kesiniz.
- Seri sargı uçlarını ters çevirerek çıkarmalı kompund motor bağlantısını elde ediniz. Ancak kalkış sırasında büyük seri sargı akısı oluşmaması için S2’yi kapatarak seri sargıyı devreden çıkarınız.
- U gerilimini yavaşça artırarak motora şönt olarak yol veriniz. Anma gerilimine ulaştığınızda S2’yi açarak seri sargıyı da devreye alınız. Böylece motor çıkarmalı kompund olacaktır.
- Deneyin 3. adımını bu çalışma için tekrarlayınız.
- Enerji kesilip bağlantılar söküldükten sonra motorun seri, şönt ve armatür sargılarının dirençlerini ölçerek kaydediniz.

Sonuçların Değerlendirilmesi:

- Deneyin 3. adımındaki (eklemeli kompund) her ölçüm çifti için, sabit tutulan uç gerilimini, sargı dirençlerini de dikkate alarak açısal hız (ω), zıt emk ($E = U - (R_{\text{seri}} + R_a)I_a$), elektromekanik (brüt) çıkış gücü ($P_m = EI_a$), brüt çıkış torku ($T_m = P_m / \omega$) ve daha önceki deneyde elde ettiğiniz deney setine ait sürtünme gücünün sözkonusu hız değerine karşılık gelen değerini bularak net çıkış gücünü ($P_{\text{çıkış}}$), giriş gücünü ($P_{\text{giriş}} = U(I_a + U / R_{\text{şönt}})$) ve verimi (η) hesaplayarak aşağıdaki gibi bir tablo halinde gösteriniz.

I_a	n	ω	E	P_m	T_m	$P_{\text{sür}}$	$P_{\text{çıkış}}$	$P_{\text{giriş}}$	η

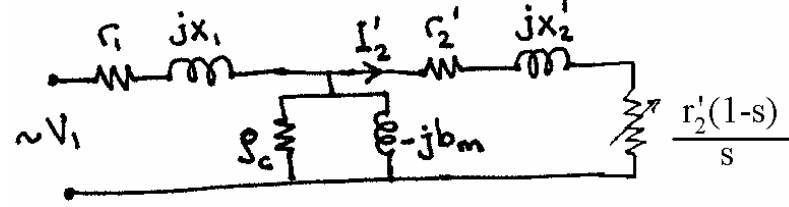
- Benzeri hesapları ve tabloyu deneyin 6. adımındaki çıkarmalı kompund çalışma için aldığınız ölçümlerle tekrar yapınız.
- Eklemeli ve çıkarmalı kompund motorların brüt çıkış torklarını ω ’ya karşı aynı eksenler üzerinde çiziniz (toplam 2 eğri) ve yorumlayınız.
- Bu iki eğrinin kesişim noktasının – eğer aynı makina aynı gerilimde kullanıldıysa – önceki deneyde bulduğunuz reosta direnci sıfır olan şönt motor tork-hız eğrisi üzerinde olup olmadığına bakınız. Yaklaşık olarak ne söylenebilir?
- Eğer kompund motorun karşısındaki dinamo aynı yönde dönecek bir motor olarak çalıştırılarak kompund makinanın torkunun negatif olması sağlanırsa, kompund makina nasıl bir jeneratör olur (eklemeli kompund mu çıkarmalı kompund mu)? Neden?

Deney AC-1a: ASENKRON MAKİNALARIN YÜKSÜZ ÇALIŞMA VE KİLİTLİ ROTOR TESTLERİ

Amaç:

Yüksüz çalışma ve kilitli rotor testleriyle bir asenkron makinanın tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış ve/veya yansıtılmamış eşdeğer devre parametrelerinin bulunması.

Teorik Bilgi:

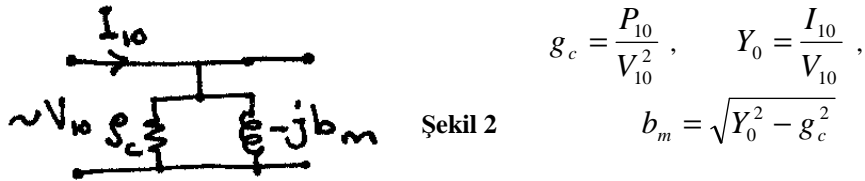


Şekil 1

Asenkron makinaların tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devresi Şekil 1'de gösterildiği gibidir. Burada g_c demir kayıplarına karşılık gelen iletkenlik, b_m mıknatıslanma akımına karşılık gelen süseptans, sırasıyla r_1 ve x_1 stator sargısı direnci ve kaçak reaktansıdır.

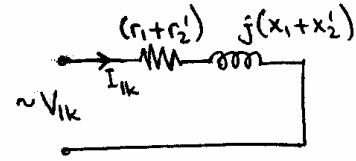
Rotor sargısı direnci ve stator frekansındaki kaçak reaktansı r_2 ve x_2 olup, devrede bunların statora yansıtılmış değerleri $r_2' = (N_1/N_2)^2 r_2$ ve $x_2' = (N_1/N_2)^2 x_2$ gösterilmiştir. Üç fazlı trafoların da tek faza indirgenmiş eşdeğer devreleri bu şekildeki gibidir. $\frac{r_2'}{s}(1-s)$ direnci ise brüt

mekanik çıkış gücüne karşılık gelen direnç olup kaymaya (s) dolayısıyla hıza göre değişir. Özellikle küçük yük akımlarında yaklaşık eşdeğer devre kullanılacaksa paralel kol $g_c - jb_m$ şeklin en sol tarafına kaydırılabilir. Buna göre asenkron makinanın anma stator geriliminde yüksüz devresi Şekil 2'de gösterildiği gibi olur. Yüksüz çalışma testi, trafoların açık devre (yüksüz çalışma) testine benzer. Statordan ölçülüp tek faza indirgenmiş akım (I_{10}), gerilim (V_{10}) ve güç (P_{10}) değerleriyle g_c ve b_m şöyle hesaplanır:



Şekil 2

Özellikle küçük gerilimlerde ise daha kaba bir yaklaşıklıkla paralel kol $g_c - jb_m$ tamamen ihmal edilerek açık devre kabul edilebilir. Buna göre asenkron makinanın anma akımında rotoru kilitlenerek ($n_r = 0$, $s = 1$, $r_y = 0$) çalışmasında tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devresi Şekil 3'te gösterildiği gibi olur. Kilitli rotor testi trafoların kısa devre testine benzer. Statordan ölçülüp tek faza indirgenmiş akım (I_{1k}), gerilim (V_{1k}) ve güç (P_{1k}) değerleriyle ($r_1 + r_2'$) ve ($x_1 + x_2'$) şöyle hesaplanır:



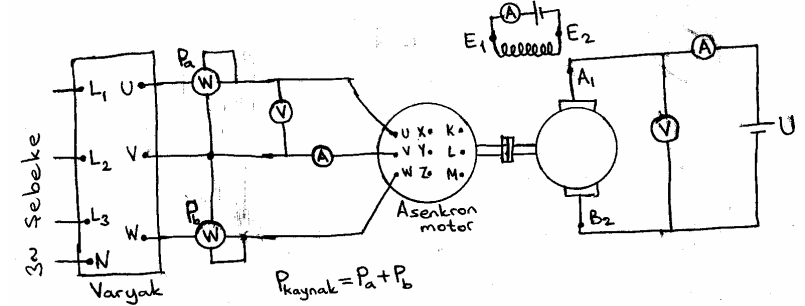
$$(r_1 + r_2') = \frac{P_{1k}}{I_{1k}^2}, \quad Z_k = \frac{V_{1k}}{I_{1k}}$$

$$(x_1 + x_2') = \sqrt{Z_k^2 - (r_1 + r_2')^2}$$

Şekil 3

Ayrıca primer veya sekonder direncinden birisi ölçülmüşse diğeri de ($r_1 + r_2'$) ile farkından kolayca hesaplanır. x_1 ve x_2' ise birbirine eşit kabul edilebilir: $x_1 \approx x_2' \approx (x_1 + x_2')/2$.

Şekil 4



Deneyin Yapılışı:

- Şekil 4'teki yüksüz çalışma testi devresini kurunuz. Stator Y bağlanmış, rotorun da Y bağlı olduğu varsayılmıştır; ancak farklı bağlantı da olabilir.
- Rotor sargı uçları açık devre iken varyak ile stator gerilimini anma değerine kadar çıkartınız. Rotor sargı uçları arasındaki gerilimi ve stator sargı uçları arasındaki gerilimi ölçerek kaydediniz. Rotor dönüyor mu?
- Varyak gerilimini sıfırlayıp enerjiyi kestikten sonra rotor sargı uçlarını (K-L-M) kısa devre ediniz. Varyaktan statora uygulanan gerilimi motorun anma değerine kadar çıkartınız. Hız senkron hıza çok yakın değilse, asenkron motora kenetli dc motorun S1 anahtarını kapatarak ve asenkron motorun dönüş yönünü destekleyecek yönde uyarım ve armatür gerilimi uygulayarak senkron hıza ulaşmasını sağlamak daha sağlıklı sonuç verecektir. Senkron hıza en yakın durumda asenkron motorun akım (I_0), gerilim (V_0) ve güç (P_0) değerlerini ölçünüz.
- Enerjiyi keserek dc motorun uyarım uçlarını ters çeviriniz. Böylece dc motor, asenkron motorun dönüşüne zıt yönde dönmeye çalışacaktır. Asenkron motora bağlı ampermetreden anma akımı geçene kadar varyaktan statora uygulanan gerilimi motorun anma değerine kadar yavaşça artırınız; ancak bir yandan da dc motora küçük bir gerilim uygulayarak motorların kilitlenmesini (dönmemesini) sağlayınız. Hassasiyet için sargılar ısınana kadar beklenebilir. Bu durumda asenkron motorun akım (I_k), gerilim (V_k) ve güç (P_k) değerlerini ölçünüz.
- Enerjiyi kesip bağlantıları söktükten sonra stator ve rotor sargı dirençlerini ölçünüz.

Sonuçların Değerlendirilmesi:

- Deneyin 2. adımındaki ölçümlerden stator ve rotorun birer fazları arasındaki sarım oranını bulunuz. Bu adımda rotor dönmediyse neden? Yavaşça döndüyse neden?
- Deneyin 3. adımındaki ölçümleri tek faza indirgeyerek g_c ve b_m değerlerini hesaplayınız.
- Deneyin 4. ve 5. adımındaki ölçümleri tek faza indirgeyerek r_1 , r_2' , x_1 , x_2' , değerlerini hesaplayınız. Ayrıca sarım oranından r_2 , $x_2 = 2\pi f L_r$ ve frekanstan (f) rotor endüktansını (L_r) hesaplayınız. Bulduğunuz r_1 ve r_2 değerlerini 5. adımdaki ölçümlerle karşılaştırınız.

Deney AC-1b: ASENKRON MAKİNALARIN TORK – HIZ EĞRİSİ

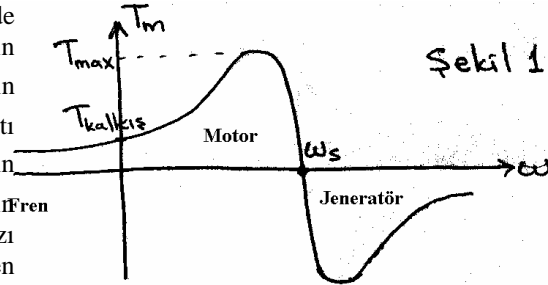
Amaç:

Bir asenkron makina, motor, jeneratör ve fren durumlarında çalıştırarak sabit stator geriliminde brüt (elektromekanik) tork-hız eğrisini elde etmek, kalkış ve anma torklarını bulmak.

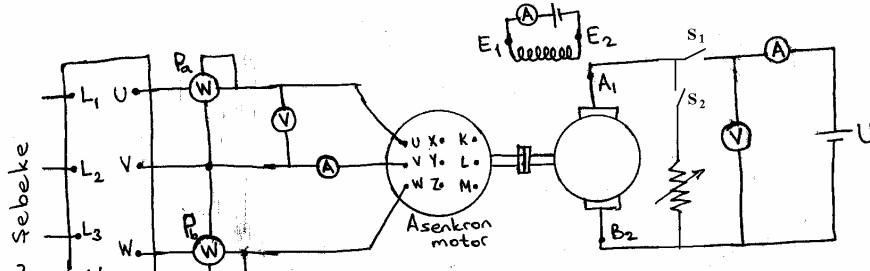
Teorik Bilgi:

Asenkron motorların tork hız eğrisi Şekil 1’de gösterildiği gibi 3 kısımdır. Torkun ve hızın arttığı bölge, güç (ωT_m) > 0 olduğu için motor bölgesidir. Torkun eksi fakat hızın arttığı bölge, güç (ωT_m) < 0 olduğu için jeneratör bölgesidir. Torkun artı fakat hızın fren eksi olduğu bölgede asenkron makina hızı sıfırlamaya çalıştığı için bu bölge fren bölgesidir. Fren durumunda da mekanik

güç (ωT_m) < 0 olduğu için asenkron makina mekanik tarafa karşı jeneratör gibi davranır. Ancak elektriksel çevrilen mekanik güç rotor bakır kayıplarını bile karşılayamaz. $s > 1$ olduğundan $r_2'(1-s)/s < 0$ (üretici) olmasına rağmen $r_2'/s > 0$ olduğundan rotor devresi kaynağa karşı tüketici gibi davranır. Motor bölgesi de kararlı ve kararsız olmak üzere iki kısımdır. Eğimin pozitif olduğu kısımda motor, hızı yavaşlatan zorlamaya karşı ürettiği torku azalttığı için kararsızdır ve durmaya meyillidir. Bu yüzden bu bölge kararsız motor bölgesidir. Eğimin negatif olduğu kısımda ise motor, hızı yavaşlatan zorlamaya karşı ürettiği torku da artırdığı için kararlıdır.



Şekil 2



Deneyin Yapılışı:

1. Bu deneyin, asenkron motorun anma geriliminde yapılması aşırı akım nedeniyle tavsiye edilmez. Anma geriliminin %30 veya %40'ı civarında akımın en fazla kısa süreli olarak anma akımının %150'sine ulaşabileceği güvenli bir voltajda yapılması önerilir. Ölçümler hep asenkron motor gerilimi önerilen değerindeyken alınmalıdır. Ancak akımın çok yükseldiği durumlarda fazla beklemeyiniz. Ölçümler arasında gerekirse voltajı sıfırlayıp biraz bekleyiniz.
2. Şekil 2'deki devreyi kurunuz. DC motorun uyarımını, dönüş yönleri birbirlerine zıt olacak şekilde ayarlayınız. Bunun için her iki motora da ayrı ayrı yol verip dönüş yönlerini görünüz.
3. DC motora küçük bir gerilimle yol veriniz. Daha sonra asenkron makinanın gerilimini varyak ile yavaşça önerilen değerine kadar artırınız; ancak bu sırada dönüş yönünün değişmesine veya durmasına izin vermemek için DC motor gerilimini ayarlayınız. Bu anda asenkron makina fren olarak çalışmaktadır. Bu dönüş yönünü hız için eksi olarak kabul ediniz ve asenkron motorun akımını (I), gücünü (P_{kaynak}) ve hızını (n) ölçerek kaydediniz. Ölçülen bu gücün işareti artı

olarak alınmalı ve ileride (8. adımda) işaret değişince gücün eksi olacağına dikkat etmelidir. Fren durumunda iki farklı hız için ölçümler almanız yeterlidir.

4. Hızın sıfır olduğu durum için de ölçümler alınız.
5. S1 anahtarını açıp S2 anahtarını kapatınız. Böylece asenkron makina motor olarak çalışırken DC makina yabancı uyarımlı jeneratör olarak motoru yükleyecektir. Bu yükü, sabit dirençte DC makinanın uyarım akımını ayarlayarak da değiştirebilirsiniz. Asenkron makina önerilen gerilim uygulanırken yükü DC makina armatüründen aşırı akım geçmeyecek en büyük değerine getiriniz ve yine asenkron motorun akımını, gücünü ve hızını ölçerek kaydediniz.
6. Yükü adım adım azaltarak hız gittikçe senkron hıza yaklaşırken her adımda yine aynı ölçümleri alınız. Nihayet S2 anahtarını açarak ve bütün yükü kaldırmız.
7. Asenkron makinanın senkron hıza ulaşması ve geçebilmesi için DC makinanın uyarım uçlarını ters çeviriniz ve $U = 0$ iken S1 anahtarını kapatınız. Böylece U gerilimi artırıldığı zaman DC makina asenkron makinanın hızını destekleyecektir. U gerilimini artırarak hızı tam senkron hıza ayarlayınız ve ölçümler alınız.
8. U gerilimini daha da artırarak senkron hızın üzerine çıkınız. Artık asenkron makina jeneratör olarak çalışmaktadır. Çeşitli hızlar için ölçümler alınız. Makinaların anma hızının %150'sine kadar kısa süreli olarak çıkabilirsiniz. Senkron hızın üzerinde iyice hızlanınca wattmetre gücünün ve ölçebiliyorsanız $\cos \phi$ 'nin nasıl değiştiğine dikkat ediniz.
9. Sistemi durdurup enerjiyi kesin.

Sonuçların Değerlendirilmesi:

1. Deneyin 4. adımında (hız sıfırken) ölçülen gücü o akım için yalnızca bakır kaybı olarak varsayınız ve bakır kaybının akımın karesiyle yaklaşık doğru orantılı olduğunu düşünerek her ölçüm takımı için bakır kaybını bulunuz.
2. Deneyin 7. adımında (senkron hızda) ölçülen gücü uygulanan gerilim için yalnızca demir kaybı olarak varsayınız ve gerilim sabit olduğu için her adımdaki demir kaybını aynı alınız.
3. Bütün hız ölçümlerini rad/s cinsinden açısal hıza dönüştürünüz.
4. Bir tablo halinde ölçülen gücü (P_{kaynak}), akımı, bakır kaybını (P_{Cu}), demir kaybını (P_{Fe} , sabit), brüt mekanik gücü (elektromekanik güç: $P_m = P_{kaynak} - P_{Cu} - P_{Fe}$), devir/dakika cinsinden hızı (n), açısal hızı (ω) ve brüt torku (elektromekanik tork: $T_m = P_m / \omega$) gösteriniz. Ayrıca torkun gerilimin karesiyle yaklaşık doğru orantılı olduğunu düşünerek her hız için anma gerilimindeki torku ($T_m^* = \frac{V^{*2}}{V^2} T_m$) da hesaplayarak gösteriniz.
5. Aynı eksenler üzerine ω 'ya karşı T_m ve T_m^* değerlerini çizin.
6. Her iki gerilim için de asenkron motorun maksimum torku ne olmaktadır?
7. Her iki gerilim için de asenkron motorun kalkış torku ($\omega = 0$ için tork) ne olmaktadır?
8. Aynı hız değerinde çalışırsak akım ile gerilimin orantılı olduğunu düşünerek anma geriliminde anma akımını elde edebileceğimiz hız değerini, deney yaptığımız gerilimdeki ölçümlerden yaklaşık olarak bulmaya çalışınız ($I = (V/V^*) I^*$ akımındaki hız). Bu akımda ölçüm yapmamışsanız buna en yakın iki akım değeri arasında hızın doğrusal değiştiğini varsayarak interpolasyon yapınız. Bu hıza karşılık gelen T_m^* yani asenkron motorun anma torku ve güç (ωT_m^*) ne olmaktadır? Bu hız ve buna karşılık gelen güç (ωT_m^*) motorun etiket hızı ve gücü ile uyuyor mu?

DENEY AC-2a: SENKRON ALTERNATÖRLERİN AÇIK DEVRE VE KISA DEVRE TESTLERİ

Amaç:

Senkron makinanın jeneratör olarak kullanılmasını ve açık devre ve kısa devre testleriyle eşdeğer devresini, doymuş ve doymamış senkron reaktanslarını ve kısa devre oranını bulmayı öğrenmek.

Teorik Bilgi:

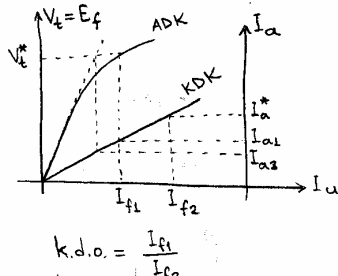
Senkron makinanın tek faza indirgenmiş eşdeğer devresi Şekil 1'de verilmiştir. r_1

stator sargı direnci, x_l kaçak reaktansı,

x_a ise armatür reaksiyonu reaktansı olup **Şekil 1**

$x_l + x_a = x_s$ senkron reaktans ve $z_s = r_1 + jx_s$ olarak adlandırılır. Senkron reaktans ve empedans, doyma ihmal edilerek ya da dikkate alınarak olmak üzere doymuş ya da doymamış olarak hesaplanabilir. Çoğu durumda $r_1 \ll x_s$ olduğundan, $x_s \approx |z_s|$ kabul edilebilir. Faz başına yalnızca uyarıtım akımı (I_f) etkisiyle endüklenen iç gerilim E_f , hava aralığındaki net akı etkisiyle endüklenen hava aralığı gerilimi E_{ha} , terminal gerilimi V_t ve armatür akımı I_a ile gösterilmiştir.

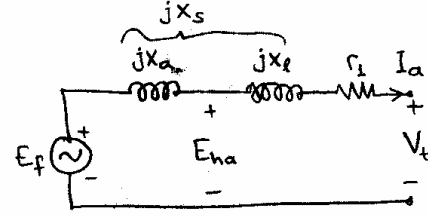
Açık devre testinde yük uçları açık devre olup $I_a = 0$ olduğundan $V_t = E_{ha} = E_f$ olur. Böylece I_f ile E_f arasındaki ilişki senkron makinanın iç karakteristiğini (mıknatıslanma eğrisi) verir. DC makinalardaki mıknatıslanma eğrisine benzer ve buna "açık devre karakteristiği (ADK)" denir. Anma gerilimine yaklaşırken doyma açıkça görülür. ADK'nın doyma ihmal edilmiş haline hava aralığı doğrusu denir ve küçük gerilimlerdeki doğrusal kısmına teğettir. Kısa devre testinde ise yük uçları kısa devre olup $V_t = 0$ olduğundan armatür reaksiyonu kendisini gösterir ve hava aralığındaki net akı azalarak doymaya ulaşmaya izin vermez. Bu yüzden I_a ile I_f arasındaki ilişki doğrusaldır. Bu ilişkiye "kısa devre karakteristiği (KDK)" denir. ADK ve KDK alternatör sabit hızda döndürülürken çıkartılır. Bu dönüş hızını senkron hız ($n_s = 120f/P$) kabul eden frekansta ac gerilim endüklendir.



Şekil 2

$$k.d.o. = \frac{I_{f1}}{I_{f2}}$$

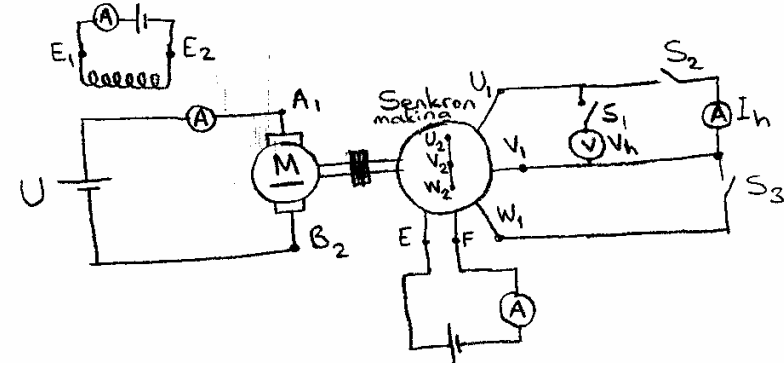
ADK'nde anma gerilimini (V_t^*) veren uyarıtım akımının (I_{f1}), KDK'nde verdiği armatür akımına oranı doymuş senkron empedansı verir. Eğer bu işlemi ADK yerine hava aralığı doğrusu ile yaparsak, ki o zaman anma gerilimi veya herhangi bir gerilim için aynı oran bulunur, doymamış



I_f
Uyarıtım sargısı

senkron empedansı buluruz. Anma uç geriliminde çalışırken görülecek senkron empedans doymuş olanı, küçük gerilimlerde çalışırken görülecek olan da doymamış olanıdır.

ADK'nde anma gerilimini veren uyarıtım akımının (I_{f1}), KDK'nde anma akımını (I_a^*) veren uyarıtım akımına (I_{f2}) oranına kısa devre oranı (k.d.o.) denir.



Şekil 3

Deneyin Yapılışı:

- Şekil 3'teki devreyi kurunuz. S1 anahtarını kapalı, S2 ve S3 anahtarlarını açık tutunuz. Bu durumda senkron alternatörün uçları bir voltmetre üzerinden açık devre edilmiş olup açık devre testine hazırdır. Sürücü motora yol vererek senkron makinanın anma hızına ulaşınız ve her ölçümde hızın bu değerde olduğundan emin olunuz.
- Senkron makinanın uyarıtım sargısına sıfırdan başlayarak adım adım artırılan dc akım uygulayınız. Her adımda hızı sabit tutarken, armatür fazlararası gerilimini (V_h) ve uyarıtım akımını (I_f) ölçerek kaydediniz. Anma geriliminin %10-20 fazlasına ulaşınca kadar devam ediniz.
- Sürücü motorun hızını değiştirirken frekansmetrenin nasıl değiştiğine dikkat ediniz.
- Sürücü motoru durdurduktan sonra S1 anahtarını açık, S2 ve S3 anahtarlarını kapalı konuma getiriniz. Bu durumda senkron alternatörün uçları bir ampermetre üzerinden kısa devre edilmiş olup kısa devre testine hazırdır. Sürücü motora yol vererek senkron makinanın anma hızına ulaşınız ve her ölçümde hızın bu değerde olduğundan emin olunuz.
- Senkron makinanın uyarıtım sargısına sıfırdan başlayarak adım adım artırılan dc akım uygulayınız. Her adımda hızı sabit tutarken, armatür hat akımını (I_h) ve uyarıtım akımını (I_f) ölçerek kaydediniz. Anma akımının %10-20 fazlasına ulaşınca kadar devam ediniz.
- Sürücü motoru durdurarak sistemin enerjisini kesiniz. Bağlantıları söktükten sonra senkron makinanın armatür sargı direncini ölçerek kaydediniz. Ayrıca makinanın anma değerlerini ve bağlantı şeklini de kaydediniz.

Sonuçların Değerlendirilmesi:

- Bütün ölçümlerinizi tek faza indirgeyerek ADK ve KDK için ayrı birer tablo halinde gösteriniz. Daha sonra Şekil 2 benzeri ADK ve KDK'ni üst üste çiziniz. KDK ve ADK için orijin aynı nokta kabul edilecektir. Sadece rakamların karışmaması için armatür akımı eksenini sağa kaydırılarak gösterilecektir. Hava aralığı doğrusunu da çiziniz.
- Doymuş ve doymamış senkron empedans ve reaktansları, ve k.d.o.'nı şekillerden hesaplayınız.
- Deneyin 3. adımında gözlenen frekans, hız artıp azalırken nasıl değişiyor? Mekanik frekansmetre kullanıyorsanız, titreşim çubuklarının zarfını Fourier dönüşümünün genlik eğrisine (spektrum) benzetebilir miyiz? Evetse neyin Fourier dönüşümüne?

DENEY AC-2b: SENKRON MOTORLARIN “V” EĞRİLERİNİN ÇIKARTILMASI

Amaç:

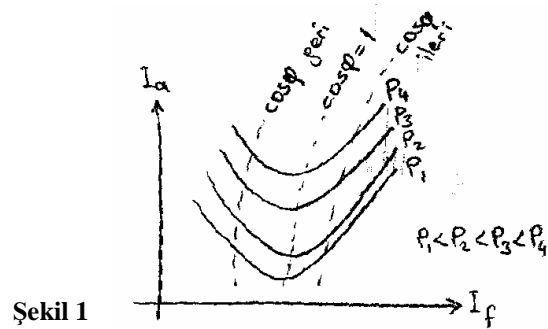
Senkron makinanın motor olarak kullanılmasını ve, sabit hızda ve sabit güçte uyarım akımıyla yük akımının ve güç faktörünün nasıl değiştiğini öğrenmek.

Teorik Bilgi:

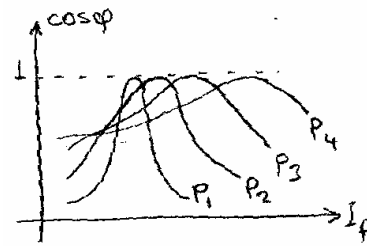
Asenkron makinelerin aksine senkron makineleri motor olarak kullanmak çok basit değildir. Özel bazı yol verme yöntemlerinden birinin uygulanması gerekir ve hepsi de dikkat ister. Bunlar:

1. Önce senkron alternatör olarak çalıştırıp motor moduna geçirmek. Bu yöntem oldukça dikkat istemektedir. Senkron alternatörün bir baraya paralel bağlanması deneyinde anlatılacaktır.
2. Sürücü bir motor veya mekanik bir döndürme düzeneği yardımıyla senkron hızı çıkartıp armatüre ac, rotora dc akım uygulamak. Bu durumda uygulanan ac gerilimin oluşturacağı manyetik alanın dönüş yönü, mekanik döndürme yönüyle mutlaka aynı olmalıdır. Bunu anlamak için bir sonraki adımdaki yöntemle asenkron motor gibi çalıştırılabilir.
3. Önce rotor sargılarını kısa devre ettikten sonra statora ac gerilim uygulayarak senkron makinayı asenkron motor modunda çalıştırmak, hızı senkron hızı yaklaşıncaya da rotor uçlarını açıp dc bir kaynağa bağlayarak senkron motor moduna geçirmek. Bu yöntemde de özel bir şalter/şalterler ya da bir kontaktör kullanmak gerekir.

Diğer motorların aksine, senkron makinede tork-hız eğrisi kullanılmaz; çünkü azami tork değerine ulaşılmadıkça hız zaten frekansa bağlı olarak senkron hızda sabittir. Yük değişimi armatür akımını (I_a) ve güç faktörünü ($\cos \phi$) değiştirir. Eğer sabit yükte, yani sabit güçte (P) ve sabit armatür geriliminde (V_t) uyarım akımıyla (I_f) armatür akımının değişimini çizersek, $P = 3V_t I_a \cos \phi$ = $\sqrt{3}V_h I_h \cos \phi$ formülüne göre I_a değişirken $\cos \phi$ de değişmelidir. $\cos \phi$ bire yaklaşıncaya I_a azalacak, $\cos \phi$ azalırken de I_a artacaktır. Böylece “V” biçiminde bir eğri elde edilir. Gücü farklı değerlerde sabit tutarak bu işlemi tekrarlırsak Şekil 1’de görüldüğü gibi “V” eğrileri ailesi elde ederiz. Bu eğrilerin minimum noktaları, $\cos \phi = 1$ olan durumlardır. Bunların sol tarafı akımın geri, sağ tarafı da akımın ileri olduğu durumlardır (Şekil 2). Buradan anlaşılacağı gibi, yükü mekanik olmasına rağmen, senkron motor bazen endüktif bazen omik bazen de kapasitif olarak yüklenir.



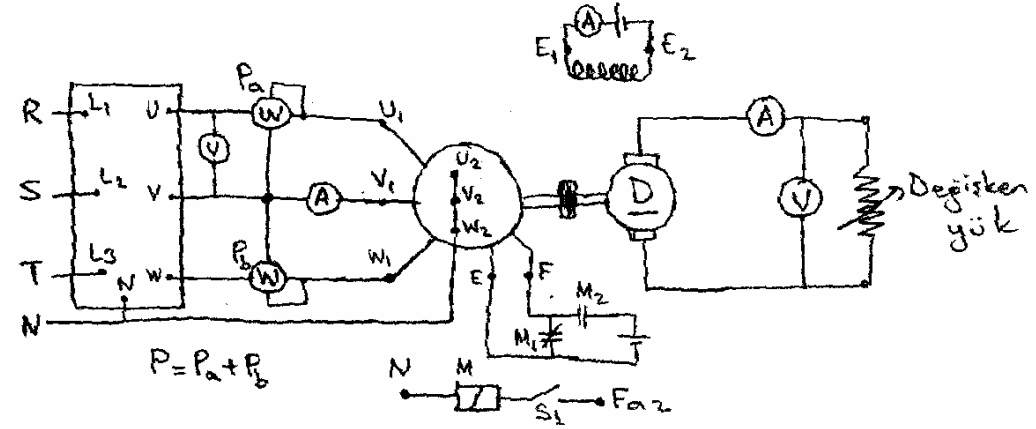
Şekil 1



Şekil 2

Senkron motorların uyarım akımı çok azaltılmamalıdır. Aksi halde senkron hızda dönmeye yetecek kadar tork üretilmeyeceği için döner alanla rotorun kilitlemesi kopar ve hız senkron hızın altına

düşer. Bu durumda rotor sargısında endüklenecek ac gerilim, rotor uyarımı için kullanılan bazı tür dc kaynaklara zarar verebilir.



Şekil 3

Deneğin Yapılışı:

1. Şekil 3’teki devreyi kurunuz. S1 anahtarı açıkken senkron makinanın rotoru kısa devre olduğu için asenkron makina gibi davranacaktır. Varyaktan statora 3 fazlı ac gerilim uygulayarak senkron makina asenkron motor modunda yol veriniz. Hız senkron hızı yaklaşıncaya S1 anahtarını kapatınız. Bu durumda kontaktör rotorun kısa devresini açacak ve rotor sargısını dc kaynağa bağlayacaktır. Böylece senkron makina senkron motor modunda çalışmaya başlayacaktır. Motor hızını ölçerek bu durumu görünüz.
2. Varyaktan uygulanan armatür gerilimini anma değerine getiriniz ve sabit tutunuz. Senkron makinayı yüklemek için kullanılan DC jeneratörü belirli bir yükü yükleyiniz. Uyarım akımını bu yüke göre motorun senkron hızdan kopmaması şartıyla olabildiğince küçük bir değere getiriniz. Bu yükü sabit tutarak adım adım uyarım akımını artırırken, armatür akımını, uyarım akımını, gücü, ölçebiliyorsanız ya da hesaplayarak $\cos \phi$ ’yi kaydediniz ($\cos \phi = \frac{P}{\sqrt{3}V_h I_h}$)
3. Aynı işlemi yükü farklı bir iki değerde daha sabit tutarak tekrarlayınız. Bir de yüksüz olarak yapınız.
4. Enerjiyi kesiniz. Bağlantı şeklini ve anma değerlerini kaydediniz.

Sonuçların Değerlendirilmesi:

1. Uyarım akımına karşı armatür akımını çiziniz. Sabit tutulan her yük için aynı eksenler üzerinde çizimler yaparak “V” eğrileri ailesi oluşturunuz.
2. Bu eğri ailesi üzerinde minimum noktaları işaretleyerek $\cos \phi = 1$ eğrisini, $\cos \phi$ ’nin geri olduğu sabit bir değerdeki noktaları birleştirerek başka bir eğri ve $\cos \phi$ ’nin aynı sabit değerde ileri olduğu noktaları birleştirerek başka bir eğri oluşturunuz.
3. Her bir yük için $\cos \phi$ ’nin uyarım akımına karşı değişimini gösteren eğri ailesini çiziniz.