

KONDANSATÖR UYARMALI ASENKRON GENERATÖRLER

Doç. Dr. Rasim ALDEMİR

ÖZET

Kondansatör uyarmalı asenkron generatörler, küçük hidrolik potansiyellerin, rüzgar enerjisinin değerlendirilmesinde, bakımı az dayanıklı birimler olarak başarıyla kullanılmaktadır. Bu çalışmada kısa bir yayın taramasından sonra kondansatör uyarmalı asenkron generatörlerin sürekli çalışmada davranışları incelenmektedir. Mıknatıslanma eğrisi ve tek fazlı eşdeğer devreden yararlanılarak boşta ve yükte çalışmada çıkış geriliminin genliği ve frekansındaki değişimler verilmektedir. Ayar olanaklarına da kısaca değinilmiştir.

1. Giriş

Stator sargılarına kondansatörler bağlı bir asenkron makina, milden tahrik edildiğinde, belli bir hızdan sonra gerilim üretmeye başlar.

Tahrik makinası, asenkron makina (tercihan sincap kafesli rotorlu) uyarma kondansatörlerinden oluşan; bakımı az, dayanıklı sistem (Şekil 1) özellikle küçük hidroelektrik potansiyelin değerlendirilmesinde başarıyla kullanılmıştır.

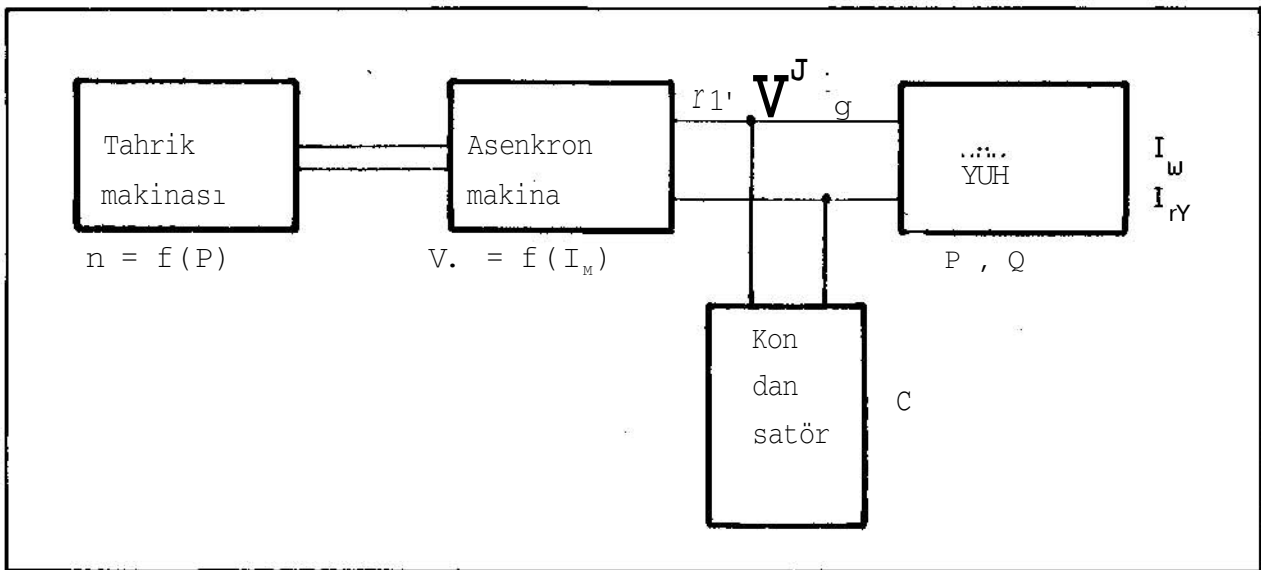
Yeryüzünde birincil enerji kaynaklarının sınırlılığı, petrol krizi, çevre kirlenmesi gibi sorunlar, alternatif enerji kaynaklarının aranmasına; rüzgar enerjisi, küçük hidroelektrik potansiyeller gibi kaynakların değerlendirilmesi yollarının araştırılmasına neden olmuştur. Bu araştırmalar ise kondansatör uyarmalı asenkron generatörleri yeniden gündeme getirmiştir.

Asenkron makina ve kondansatörler; kondansatör uyarmalı generatör olarak incelendiği gibi (1) (12), kondansatörlerle kompanze edilmiş asenkron motorların salınımları ve kararlılığı konusu daha da ilgi çekmiş ve incelenmiştir.

Özellikle generatör olarak çalışmanın incelenmesinde mıknatıslanma eğrisi ve tek fazlı eşdeğer devre kullanılmıştır.

Dinamik davranış ise küçük işaretler için geliştirilmiş model yardımıyla incelenmiştir.

Bu çalışmada kondansatör uyarmalı asenkron generatörler mıknatıslanma eğrisi ve tek fazlı eşdeğer devreden yararlanılarak sürekli çalışma için incelenecektir.



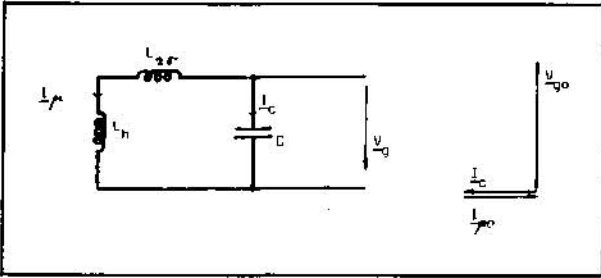
ŞEKİL 1. Kondansatör uyarmalı asenkron generatör sistemi blok diyagramı.

2. Kendi Kendini Uyarma

Stator sargılarına kondansatörler bağlı bir asenkron makina miline bağlı bir motorla döndürülsün. Stator direnci ihmal edilir ve makinanın ideal boşta çalışma durumunda olduğu düşünülürse stator sargıları uçlarında

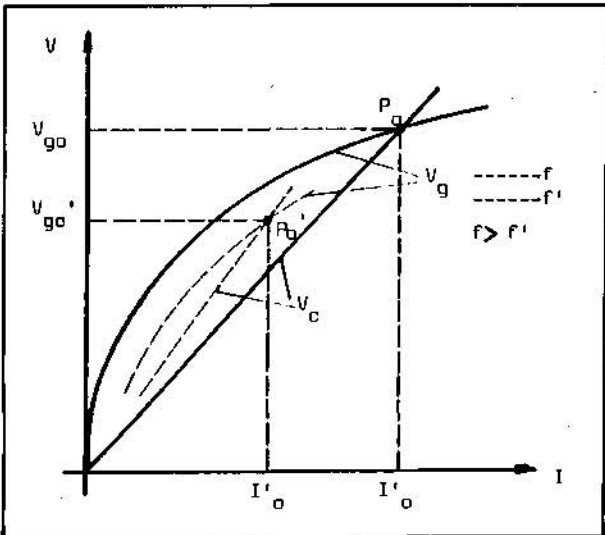
$$n = \frac{1}{2\pi p \sqrt{(L_h + L_{10})C}} \quad (1)$$

devir sayısında V_g gerilimi ölçülür (Şekil 2). Burada p makinanın kutup çifti sayısı, L_{10} bir stator fazının kaçak endüktansı, L^{\wedge} stator sargıları ana endüktansı ve C uyarma kondansatörleridir.



ŞEKİL 2. Boşta çalışmada eşdeğer devre ve fazör diyagramı

Boşta çalışma noktası stator gerilimi frekansına, dolayısıyla hıza ve kondansatörlerin değerine bağlıdır (Şekil 3). Kendi kendini uyarma olayının başlaması, asenkron makinada bir kalıcı mıknatıslanmanın varolmasına; belli hız sınırları içinde bir boşta çalışma noktasının varlığı ise mıknatıslanma eğrisindeki doymaya ve doğru değerlerde seçilmiş kondansatörlere bağlıdır.



ŞEKİL 3. Boşta çalışma eğrileri

Kendi kendini uyarma olayı ve boşta çalışma noktasını Şekil 4'te verilen tek fazlı eşdeğer devre yardımıyla inceleyelim. Kayıplar nedeniyle küçük de olsa bir kay-

ma vardır. Kayıplar mil üzerinden karşılanmakta, gerekli tepkin gücü ise kondansatörler sağlamaktadır. Sürekli boşta çalışma noktasında ($I_g = 0$)

$$L = i_c \quad (2)$$

geçerlidir. Bunun yerine

$$\frac{V_g}{Z_c} = - \frac{V_g}{L} \quad (3)$$

veya

$$Z_c = -Z_c \quad (4)$$

yazabiliriz. Eşdeğer devreden empedanslar için

$$L'_2 = L_h + L'_{20} \text{ ile}$$

$$Z_c = \frac{1}{j\omega_1 C} \text{ ve} \quad (5)$$

$$Z_c = \frac{1}{j\omega_1 C} = \frac{1}{j\omega_1 C} \left(\frac{R'_2}{s} + j\omega_1 L'_2 \right) \quad (6)$$

yazılır ve buradan

$$0 = \frac{1}{j\omega_1 C} + R_1 + j\omega_1 L'_2 \pm \frac{j\omega_1 L_h \left(\frac{R'_2}{s} + j\omega_1 L'_{2a} \right)}{\frac{R_a}{s} + j\omega_1 L'_2} \quad (7)$$

denklemini elde edilir. (7) denklemini çözümlerse boşta çalışma noktasında çıkış geriliminin frekansı için

$$a = 1 - \frac{L_h^2}{(L_h + L_{10}) (L_h + L_{20})} = 1 - \frac{L_h^2}{L_1 \cdot L'_2} \quad (8)$$

ile

$$\omega_1 = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{2aL_1 C} \left[1 + a - \frac{R_1^2 C}{L_1} \pm \left(\left(1 + a - \frac{R_1^2 C}{L_1} \right)^2 - 4a \right)^{1/2} \right] \right\} \quad (9)$$

elde edilir. Stator direnci ihmal edilirse frekanslar için

$$f_1 \approx \frac{1}{2\pi T(L_1 C)^{1/2}} \quad \text{ve} \quad (10)$$

$$f_2 \approx \frac{1}{2\pi T(L_1 C a)^{1/2}} \quad (11)$$

elde edilir. Kondansatörlerin uygun seçilmesi halinde f_1 frekansı şebeke frekansı yakınlarında olabilir. f_2 frekansı ise ω 'nın küçük olmasından dolayı çok büyük hızlarda elde edileceğinden uygulamada önem taşımaz.

3. Yükte Çalışma

3.1. Sistem Denklemleri

Gerilim üretmeye başlayan generatör yüklendiğinde, tahrik makinasının ve yükün özelliklerine göre çıkış geriliminin genliği ve frekansı değişir. Bu değişimi hesaplayabilmek için makinanın boştaki çalışma eğrisinin $V_n = f(I)$ veya $L_n = f(\omega)$ eğrisinin bilinmesi gereklidir. Ayrıca gerekli olan denklemleri Şekil 4'teki eşdeğer devreden yararlanarak yazabiliriz:

$$\underline{V}_g = \left(\frac{R'}{s} + j\omega L_2' \sigma \right) \underline{I}'_2 + (R_1 + j\omega L_1) \underline{I} \quad (12)$$

$$\underline{V}_h = j\omega L_h \underline{I}_\mu \quad (13)$$

$$\underline{Y}_e = \frac{jC}{j\omega C} \quad (14)$$

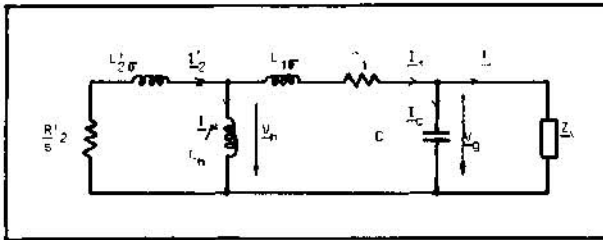
$$\underline{I}'_2 = \underline{I} + \underline{I}_\mu \quad (15)$$

$$\underline{I} = \underline{I}_g + \underline{I}_c \quad (16)$$

$$\underline{I} = \frac{\underline{y}_g}{\underline{Z}_y} \quad (17)$$

$$n = (1 - s) \omega, \quad /2\pi p \quad (s \ll 1) \quad (18)$$

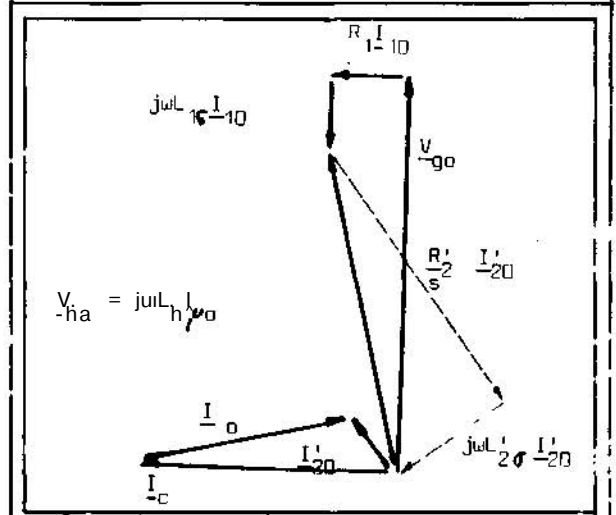
V_p gerilimini gerçel eksene yerleştirildiğinde yukarıda 16 bilinmeyen için 12 denklemin olduğu görülmektedir. Sistemin çözülebilir olması için dört bilinmeyen her-



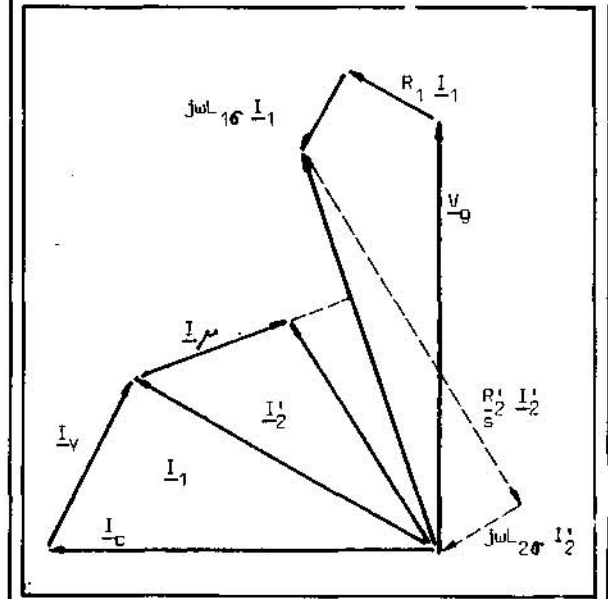
ŞEKİL 4. Eşdeğer devre

hangi bir şekilde tanımlanması gerekir. Yük empedansı parametre olarak alındığında devir sayısı n , kondansatör değeri C , generatör geriliminin genliği V_g ve frekansı f_g değerlerinden ikisi biliniyor kabul edilerek sistem çözülebilir.

Şekil 5'te generatörün fazör diyagramları boştaki ve omikendüktif yükte çalışma için verilmiştir.



a) Boştaki çalışmada

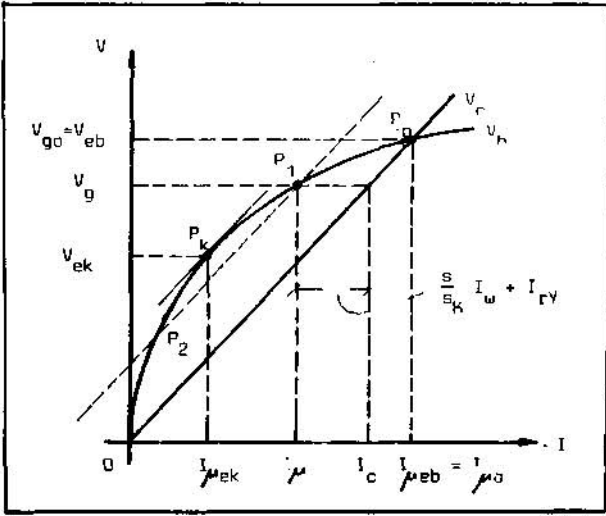


b) Yükte çalışmada

ŞEKİL 5. Fazör diyagramları

3.2.1. Sabit Stator Frekansı ile Çalışma

Hızı ayarlanabilir bir tahrik motoruyla çalıştırılırsa, hız stator frekansı boştaki çalışma frekansına eşit olana kadar artırılır. Bu durumda boştaki çalışmada ölçülen $V_n = f(\omega)$ ve $V_c = f(\omega)$ eğrileri (Şekil 8) geçerlidir. Generatör gerilimi ise belli bir miktar düşecektir



ŞEKİL 8. Sabit stator frekansıyla çalışmada kararlı ve kararsız çalışma noktaları

Eşdeğer devreden akımlar için

$$I_1' = I_1 + I/L_1 \quad (19)$$

$$h = Lc + L_o \quad (20)$$

yazabiliriz. Akımların tepkin bileşenleri için

$$I_c \approx I_M' + I_{My} + I_{ry} \quad (21)$$

geçerlidir. 21 denkleminde I_y asenkron makinanın yük nedeniyle ortaya çıkan tepkin akımı, I_{ry} ise yükün tepkin akım bileşenidir. Yük akımının etkin bileşeninin I_w ise Şekil 7'deki fazör diyagramından

$$I_K = \frac{R_2'}{w_1 (L_1 \sigma + L_2 \sigma')} \quad (22)$$

ile

$$I_Y = \frac{s}{s_K} I_w \text{ olduğu bulunur.} \quad (23)$$

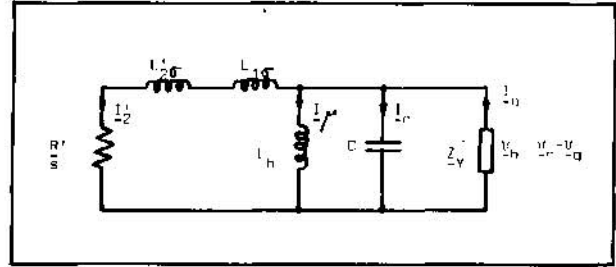
Çalışma noktasını bulmak için kondansatör doğrusunu

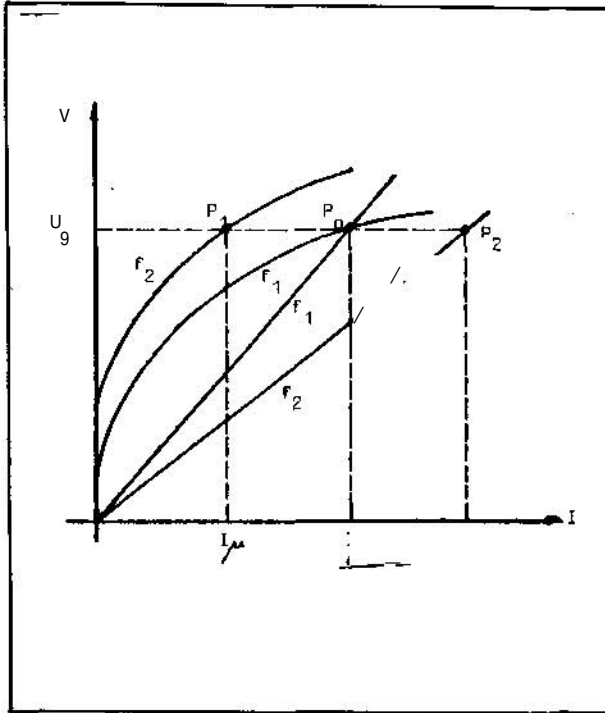
$$\frac{s}{s_K} I_w + I_{ry} \text{ kadar so'ya kaydırmak yeterlidir. } V_n' = \frac{s}{s_K}$$

$f(1)$ eğrisi ile kaydırılmış doğrunun kesişme noktaları çalışma noktalarıdır. Şekil 8 incelendiğinde p_1 noktasının kararlı, p_2 noktasının kararsız olduğu kolaylıkla görülür.

$V_n' = f(1)$ eğrisinin kondansatör doğrusuna paralel teğetinin değme noktası generatörün devrilme noktasıdır. Kondansatör akımının; yükün neden olduğu tepkin akımı karşılayan kısmı p_0 'dan giderek artmakta ve PK 'da

en büyük değerine ulaşmaktadır. Bu nokta aşıldığında gerilim kaybolmakta, bir başka deyimle generatör devrilmektedir.

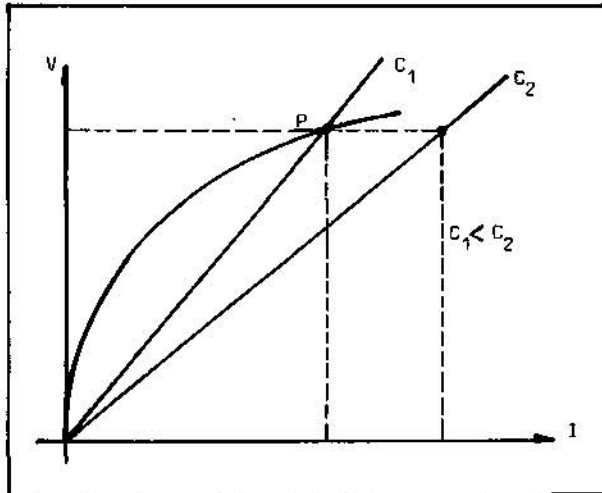




ŞEKİL 9. Sabit stator gerilimiyle çalışmada kararlı ve kararsız çalışma noktaları

3.2.3. Sabit Gerilim, Sabit Frekans

Hem tahrik maknasının hızı, hem de kondansatörlerin değerleri ayarlanabiliyorsa gerilim ve frekans sabit tutulabilir. Şekil 10'da görüldüğü gibi $V_h = f(I_M)$ eğrisi değişmemekte, kondansatör doğrusunun ise artan kondansatör değeriyle eğimi azalmaktadır. Çalışma noktasında $I_c = 1^{\wedge} yQk$ nedeniyle ortaya çıkan tepkin güç bileşenine karşılıktır.



ŞEKİL 10. Sabit gerilim ve sabit frekansla çalışma

4. Sonuç

Kondansatör uyarmalı asenkron generatörler basitliği, dayanıklılığı ve az bakım istemeleri nedeniyle küçük hidroelektrik potansiyellerin ve rüzgar enerjisinin değerlendirilmesinde kolaylıkla kullanılabilir. Uygun kontrol stratejisinin seçimi tahrik sistemi ve yükün özelliklerine göre değişmektedir.

Gerilim ve frekanstaki sabitliğin önem taşımadığı yerlerde çok ucuz ve basit bir sistem kullanılabilir. Ancak bu sistem kolaylıkla daha üst düzeydeki istekleri karşılayacak şekilde genişletilebilir.

KAYNAKLAR

- (1) Boduroğlu, T., Elektrik Makinaları Dersleri, Cilt 2, Kısım II, İstanbul, İTÜ Yayınları, 1981.
- (2) Bödefeld, T., Sequenz, H., Elektrische Maschinen Wien, Springer Verlag, 1965.
- (3) Sanoğlu, K., Elektrik Makinalarının Temelleri III, İstanbul, İTO Yayınları, 1977.
- (4) Richter, R., Elektrische Maschinen IV, Basel-Stuttgart, Verlag Birkhauser, 1954.
- (5) Rechberger, H., Kondensatorerregte Asynchrongeneratoren in Kleinwasserkraftanlagen, En.M., 74, 379-485, 1957.
- (6) Harz, H., Kondensatorerregte Asynchrongeneratoren Siemens Zeitschrift, 25, 199-205, 1951.
- (7) Schröder, J.W., Der kondensatorerregte ASG, Technische Rundschau 54, 1953.
- (8) Hafner, H., Der durch kondensatorcn selbsterregte Drehstrom - Asynchrongenerator, SEV-Bulletin 26, 89-100, 1935.
- (9) Kümmel, F., Der selbsterregte Asynchrongenerator mit annähernd konstanter Spannung ETZ-A 76, 769-775, 1955.
- (10) Arrillaga, J., Watson, D.B., Static power conversion from self-excited induction generators, PROC. IEE, Vol. 125, No: 8, 743-746, 1978.
- (11) Watson, D.B., Arrillaga, J., Densem, B.E., Controllable d.c. power supply from wind driven self-excited induction machines proc. IEE 126, 1245-1248, 1979.
- (12) Elder, The process of self excitation in induction generators, IEE Proc. pt. 8, 130, 103-108, 1983.
- (13) Ldmebeer, D.J.N., Harley R.G., Subsynchronous resonance of single cage induction motors IEE part 8 128, 33-42, 1981.
- (14) Limebeer, D.J.N., Harley, R.G., Subsynchronous resonance of deep-bar ind. mot IEE Proc. part 8, 43-51, 1981.
- (15) Melkebeek, J.A.A., Magnetising-field saturation and dynamic behaviour of induction machines part 1, IEE Proc. pt. 8, 130, 1-9, 1983.
- (16) Melbeek, J.A.A., Magnetising-field saturation and dynamic behaviour of induction machines part 2, IEE Proc. Pt. 8, 130, 10-17, 1983.