



EMO



KTÜ



TÜBİTAK

ÖNSÖZ

Giderek gelenekselleşen Elektrik Mühendisliği Ulusal Kongrelerinin beşincisinde Trabzon'da buluşuyoruz. EMO ile KTÜ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nün işbirliği ve TÜBİTAK'ın katkısıyla gerçekleşmekte olan Kongremizin başarılı ve verimli geçmesi umudundayız. Kongre sonuçlarından kıvanç duymak istiyoruz.

Kongre'de, bugüne kadar yapılmış çalışmalar ve yayınlanmış duyurulardan da anlaşılacağı gibi, bilinen yöntemlerin yanı sıra gelecek yıllara deneyim aktarabilecek yeni yaklaşımlar uygulanmaya çalışılmıştır. Bildiri özetlerinin değerlendirilmesine katılan uzman sayısının sistematik olarak artırılması, değerlendirme biçiminin daha nesnelleştirilmesi, bildiri kitabında yeni yazım ve sunuş biçimlerinin oluşturulması gibi teknik gelişmelerin dışında ilginç olacağı sanılan panellerle güncel sorunların irdelenmesi ve yöresel öğelerle sosyal etkinliklere renk katılması amaçlanmıştır.

Kongrenin hazırlık ve düzenleme çalışmalarında bazı aksaklıklar olmuştur. Öncelikle kongre kararının olması gerekenden daha geç alınabilmiş olması, özet değerlendirme sürecinin posta trafiğinin çok yoğun olduğu bayram dönemlerine rastlaması hem Yürütme Kurulu'nu hem de Kongre'ye katılmak isteyenleri zor durumda bırakmıştır.

Kongrenin düzenlenmesi sırasında edinilen deneyimler ışığında sorunları çözücü ilkel önerilerin ortaya konması yararlı olacaktır. Bunları kısaca sıralayabiliriz. Örneğin 6. Kongre'nin ya da kısaca EMUK'95'in nerede ve ne zaman yapılacağını şimdiden kararlaştırmak gerekmektedir. Bundan sonra Konferans olarak adlandırılması daha uygun olacak Kongre için sürekli ya da uzun süre görevli bir 'Ulusal Düzenleme Kurulu'nun oluşturulması ve bu Kurul'un temel ilkel karar ve yöntemleri üretmesi daha elverişli olacaktır. Kongre'nin yapılacağı konumdaki işleri ise Yerel Düzenleme Kurulu üstlenmelidir. 'Bilimsel Değerlendirme Kurulu'nun da ayrıntılı bir sınıflandırma ve nitelik belirlenmesi ile bir kere oluşturulması, yalnızca gelişen koşullara göre güncelleştirilmesi düşünülebilir.

EMUK, böylesi bir yapılaşma ile daha sağlıklı, zaman planlaması daha verimli bir konferansa dönüşecektir kanısındayız. Örneğin bu durumda bildiri tam metinlerinin değerlendirme ve denetim sürecine girmeleri olanaklı kılınacak, şu ana kadar ancak Yürütme Kurulları'nın ayrıntılı olarak bilincine varabildiği teknik sorunlar ortadan kalkacaktır. Konferansda da içerik ve düzey açısından belirli bir iyileştirme sağlanabilecektir. Bunu en yakında, EMUK'95'de gerçekleştirmiş olarak görmek dileğindediriz.

Bilindiği gibi Kongremiz Elektrik, Elektronik-Haberleşme, Kontrol ve Bilgisayar Sistemleri alanlarında bilimsel-teknolojik özgün katkıların tartışılıp değerlendirilmesi ile araştırma, geliştirme, uygulama ve eğitim süreçlerindeki kişi ve kuruluşların birbirleriyle doğrudan iletişimini sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca sosyal yakınlaşma ve dayanışmaya da

katkıda bulunmaktadır. Ancak Kongre ve onunla birlikte oluşturulan sergi/fuarın çok değerli bir 'Mesleki Eğitim ve Geliştirme' aracı olduğu bilincinin kişi ve kurumlarda daha çok yerleşmesi için çaba gösterme gereği de ortaya çıkmaktadır.

Kongrenin gerçekleşmesini sağlayan, hazırlık ve düzenlemeleri üstlenen KTÜ, EMO ve TÜBİTAK'a, oluşturulmuş olan kurulların üyelerine, ayrıca burada adlarını saymakla bitmeyecek kişi ve kamu - özel - akademik nitelikli kuruluşlara, yardım ve katkıları nedeniyle, Kongre'nin yararlı sonuçlarını paylaşacak olan topluluğumuz adına teşekkürlerimizi sunmak isteriz.

Kongremizin başarılı ve verimli bir biçimde gerçekleşmesi, ülkemiz için bilimsel - teknolojik kazanımlar üretmesi dileğiyle Yürütme Kurulu olarak saygılarımızı iletiriz.

Doç. Dr. Güven ÖNBİLGİN
Yürütme Kurulu Başkanı

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

YÜRÜTME KURULU

Güven ÖNBİLGİN (KTU)
Yakup AYDIN (EMO) Sefa AKPINAR (KTU)
Canan TOKER (ODİU) Kaya BOZOKLAR (EMO)
Hasan ÜİNCER (KTU) A.Oğuz SOYSAL (IU)
Abdul lah SEZGİN (KTU) İrfan SENLİK (EMO)
Kenan SOYKAN (EMO) Y.Nuri SEVGİN (EMO)

DANISMA KURULU

Rasim ALDEMİR (BARMEK) Mehmet KESİM (Anadolu U)
Teoman ALPTURK (TMMOB) Mac it MUTAF (EMO)
Ahmet ALTINEL (TEK) Erdi ne ÖZKAN (PTT)
İbrahim ATALI (EMO) Kamil SOĞUKPINAR (TETSAN)
Mal ik AVİRAL (ELİMKO) Sedat SİSBOT (METRON İK)
Emir BİRGÜN (EMO) Atıf URAL (Kocaeli U.)
Sıtkı ÇİÇDEM (EMO) I. Ata YİÇİT (EMO)
R. Can ERKÖK (ABB) Fikret YÜCEL (TELETAS)
Bülent ERTAN (ODTÜ) Hami t SERBEST (CU) _
Uğur ERTAN (BARMEK) Canan TOKER (ODTÜ)
İsa GÜNGÖR (EMO) Nusret YUKSELER (ITU)
Ersin KAYA (Kaynak) Kemal ÖZMEHMET (DEU)
Okyay KAYNAK (Boğaziçi U)

SOSYAL ETKİNLİKLER KURULU

Y. Nuri SEVGİN (EMO)
Necla ÇORUH (PTT) Hatice SEZGİN (KTU)
Esen ÖNKİBAR (TEK) Yusuf TANDOGAN (PTT)
Abdullah SEZGİN (KTU) Ömer K. YALCIN (TELSER)

SEKRETERLİK HİZMETLERİ

Necmi İKİNCİ (EMO) Elmas SARI (EMO)

BİLİMSEL DEĞERLENDİRME KURULU

Cevdet ACAR (İTU)
İnci AKKAYA (İTU)
A.Sefa AKPINAR (KTU)
Ayhan ALTINTAŞ (Bil.U)
Fuat ANDAY (İTU)
Fahrettin ARSLAN (IU)
Murat ASKAR (ODTÜ)
Abdullah ATALAR (BiI.U)
Selim AY (YTU)
Umit AYGÖLÜ (İTU)
Atalay BARKANA (Anadolu U)
Mehmet BAYRAK (Selçuk U)
Atilla BİR (İTU)
Galip CANSEVER (YTU)
Kenan DANIŞMAN (Erciyes U)
Ahmet DERVİSOĞLU (İTU)
Hasan DİNCER (KTU)
M.Sezai DİNCER (Gazi U)
Günsel DURUSOY (İTU)
Nadia ERDOĞAN (İTU)
Aydan ERKMEN (ODTÜ)
İsmet ERKMEN (ODTÜ)
H.Bülent ERTAN (ODTÜ)
Selçuk GEÇİM (Hacettepe U)
Cem GÖKNAR (İTU)
Remzi GULGUN (YTU)
Filiz GUNES (YTU)
İrfan GÜNEY (Marmara U)
Fikret GÜRGEN (Boğaziçi U)
Fuat GURLEYEN (İTU)
Cemil GURUNLU (KTU)
Nurdan GUZELBEYOĞLU (İTU)
Emre HARMANCI (İTU)
Altuğ İFTAR (Anadolu U)
Kemal İNAN (ODTÜ)
Asım KASAPOĞLU (YTU)
Adnan KAYMAZ (İTU)
Ahmet H. KAYRAN (İTU)
Mehmet KESİM (Anadolu U)
Erol KOCAOĞLAN (ODTÜ)
Muhammet KOKSAL (İnönü U)
Hayrettin KÖYMEN (Bil. U)
Hakan KUNTMAN (İTU)
Tamer KUTMAN (İTU)
Duran LEBLEBİCİ (İTU)
Kevork MARDIKYAN (İTU)
A.Faik MERGEN (İTU)
Avni MORGUL (Boğaziçi U)
Güven ÖNBİLGİN (KTU)
Bülent ÖRENCİK (İTU)
Bülent ÖZGÜC (BiI.U)
A.Bülent ÖZGÜLER (BiI.U)
Yiğmez ÖZKAN (İTU)
Muzaffer ÖZKAYA (İTU)
Kemal ÖZMEHMET (DEU)
Osman PALAMUTCUOĞLU (İTU)
Erdal PANAYIRCI (İTU)
Halit PASTACI (YTU)
Ahmet RUMELİ (ODTÜ)
Bülent SANKUR (Boğaziçi U)
M.Kemal SARIOĞLU (İTU)
Müzeyyen SARTAS (Gazi U)
A.Hamit SERBEST (CU)
Osman SEVAİOĞLU (ODTÜ)
A.Oğuz SOYSAL (IU)
Taner SENGÖR (YTU)
Emin TACER (İTU)
Nesrin TARKAN (İTU)
Mehmet TOLUN (ODTÜ)
Osman TONYALI (KTU)
Ersin TULUNAY (ODTÜ)
Nejat TUNCAY (İTU)
Atıf URAL (Kocaeli U)
Alper URAZ (Hacettepe U)
Gökhan UZGÖREN (IU)
Yiğdirim UCTUG (ODTÜ)
Asaf VAROL (Fırat U)
Sıddık B. YARMAN (IU)
Mümtaz YILMAZ (KTU)
Melek YÜCEL (ODTÜ)
Nusret YUKSELER (İTU)
Selma YUNCU (Gazi U)

VEKTÖR DENETİMLİ ENDÜKSİYON MOTORLARINDA ROTOR PARAMETRELERİ VE AKI BİLEŞENLERİNİN GERÇEK ZAMANDA KESTİRİMİ

Saadettin Aksoy

A. Oğuz Soysal

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Müh. Böl.
61080 Trabzon

İstanbul Üniversitesi Mühendislik
Fakültesi Elektrik-Elektronik Müh.
Böl. 34850 Avcılar, İstanbul

ÖZET

Endüksiyon makinalarında ölçülemeyen parametre ve büyüklüklerin kestirimi, makina davranışının analizi, benzetim ve denetim uygulamalarında oldukça önemli bir yer tutar. Özellikle, dolaylı vektörel denetimde sistemin davranışını önemli ölçüde etkileyen makina parametreleri çalışma ve ortam koşullarına bağlıdır.

Bu bildiri de stator akımı, stator gerilimi ve rotor açısal hızı ölçümlerinden yararlanarak rotor akı bileşenlerini ve rotor zaman sabitini gerçek zamanda kestiren bir algoritma sunulmuştur. Kısa devre rotorlu endüksiyon motorun indirgenmiş üç boyutlu ayrık durum modeline Kalman filtreleme algoritması uygulanarak benzetim sonuçları elde edilmiş ve irdelenmiştir.

GİRİŞ

Yarıiletken teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak, endüksiyon motor (EM) sürücü düzeneklerinde vektörel denetim yöntemlerinin uygulanması son yıllarda giderek yaygınlaşmıştır. Bu düzenekler genel olarak hızlı bir moment tepkesine sahiptir ve doğru akım motorlarında olduğu gibi geniş bir aralıkta denetim olanağı sağlarlar, özellikle dolaylı vektörel denetimde sistemin davranışını önemli ölçüde etkileyen makina parametreleri çalışma ve ortam koşullarına oldukça bağlıdır [1]. Bu yüzden denetleyici tasarımında parametre uyumu gerekli olmaktadır [2]. Denetim işlevinde motor sabit akı bölgesinde çalışıyorsa doymanın etkisi ihmal edilebilir. Bu durumda rotor sargılarının endüktansı sabit olup denetleyici sadece rotor direncindeki değişimlerden etkilenir. Rotor zaman sabitinin gerçek zamanda belirlenmesi durumunda basit bir vektör denetimi uygulanabilmektedir. Üç büyüklüklerini kullanarak makina parametreleri ve

ölçülemeyen büyüklüklerin kestirimi için literatürde verilen yöntemlerin birçoğunda [3-6] hesaplama süresinin nisbeten uzun olması nedeniyle gerçek zamandaki uygulamalarda güçlüklerle karşılaşılmaktadır.

Bu çalışmada stator akımı, stator gerilimi ve rotor hızı verileri ile rotor akı bileşenleri ve rotor zaman sabitini kestiren bir algoritma kurulmuştur. Çalışmada indirgenmiş üç boyutlu ayrık durum uzayı modelinin kullanılması, kestirim için gerekli işlem süresini kısaltarak, gerçek zamanda yapılan kestirim işlemlerinde üstünlük sağlanmıştır. Rastsal kabul edilen modele eklenen sistem ve ölçüm gürültülerinin basitlik nedeniyle beyaz gürültü olduğu varsayılmıştır. Yöntem, örnek bir EM'a uygulanmış, sinüsoidal ve altı adımı gerilim beslemeleri için kestirimin yeterli doğrulukta, ve oldukça kısa sürede gerçekleştirilebildi gözlenmiştir.

ENDÜKSİYON MOTOR MODELİ

Üç fazlı sincap kafesli bir endüksiyon motorun simetrik yapıda ve akı dağılımının sinüsoidal olduğu varsayımı ile durağan dq eksen sistemindeki stator ve rotor gerilim denklemleri aşağıdaki gibi verilebilir [7].

$$v_{qs} = R_s i_{qs} + L_s \dot{i}_{qs} + M \dot{i}_{qr} \quad (2.a)$$

$$v_{ds} = R_s i_{ds} + L_s \dot{i}_{ds} + M \dot{i}_{dr}$$

$$0 = R_r i_{qr} - \omega_r \Phi_{dr} + p \Phi_{qr} \quad (2.b)$$

$$0 = R_r i_{dr} + \omega_r \Phi_{qr} + p \Phi_{dr}$$

$$\dot{\Phi}_{qr} = \omega_r i_{qr} + M \dot{i}_{qs} \quad (3)$$

$$\dot{\Phi}_{dr} = \omega_r i_{dr} + M \dot{i}_{ds}$$

Burada;

v_{qs}, v_{ds} : Stator gerilim bileşenleri
 i_{qs}, i_{ds} : Stator akımı bileşenleri
 i_{qr}, i_{dr} : Statora indirgenmiş rotor akımı bileşenleri
 R_s, R_r : Stator ve statora indirgenmiş rotor dirençleri
 L_s, L_r : Stator ve statora indirgenmiş rotor endüktansları
 Φ, Φ_{dr} : Rotor akı bileşenleri
 M : Ortak endüktans
 w_r : Rotor açısal hızı
 p : Türev operatörü

Rotor akı denklemleri (3), (2) bağıntılarında yerleştirilip, gerekli düzenlemeler yapılırsa, $T = L_r/R_r$ gösterimi ile;

$$v_{qs} = R_s i_{qs} + \frac{M^2}{L_r} (L_s - \frac{M^2}{L_r}) p i_{qs} - \frac{M}{L_r} \dot{\Phi}_{qr} - \frac{M}{L_r} w_r \Phi_{dr}$$

$$v_{ds} = R_s i_{ds} + \frac{M^2}{L_r} (L_s - \frac{M^2}{L_r}) p i_{ds} - \frac{M}{L_r} w_r \Phi_{qr} - \frac{M}{L_r} \dot{\Phi}_{dr}$$

$$-\frac{M}{L_r} i_{qs} - (1+pT) \frac{MM}{L_r} \dot{\Phi}_{qr} - w_r \Phi_{dr} = 0 \quad (4)$$

$$-\frac{M}{L_r} i_{ds} - (1+pT) \frac{MM}{L_r} \dot{\Phi}_{dr} - w_r \Phi_{qr} = 0$$

eşitlikleri elde edilir.

$$L_0 = M^2/L_r \text{ ve } a = (R_s + L_0/T) - b = (L_s - L_0) \text{ ve } [\Phi_{qr} \ \Phi_{dr}]^t = (M/L_r) [\dot{\Phi}_{qr} \ \dot{\Phi}_{dr}]^t$$

olmak üzere, (4) ve (5) denklemleri aşağıdaki matrisel biçimde düzenlenebilir.

$$\begin{bmatrix} v_{qs} \\ v_{ds} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & 0 & -1/T & w_r \\ 0 & a & b & -w_r & -1/T \\ L_0 & 0 & -(HpT) & Tw_r \\ 0 & L_0 & -Tw_r & -(1+pT) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{qs} \\ i_{ds} \\ \Phi_{qr} \\ \Phi_{dr} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Son ifadenin durum denklemleriyle

gösterimi ise,

$$X = AX + BV \quad (7)$$

biçiminde verilebilir. Burada,

$$X = [i_{qs} \ i_{ds} \ \Phi_{qr} \ \Phi_{dr}]^t, \quad V = [v_{qs} \ v_{ds}]^t$$

$$A = \begin{bmatrix} -a/b & 0 & 1/br & -w_r/b \\ 0 & -a/b & w_r/b & 1/bT \\ L_0/T & 0 & -1/T & Tw_r \\ 0 & L_0/T & -w_r & -1/T \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 1/b & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/b & 0 & 0 \end{bmatrix}^t$$

dır. (7) eşitliğinde rotor açısal frekansı değişkendir. Ancak, sistemin mekanik tepkisi, elektriksel tepkesinden daha yavaş olduğundan sıfıncı dereceden tutucu kullanıldığı varsayılarak bir örnekleme aralığı için ayrık durum modeli aşağıdaki gibi olur [8].

$$X_d(kU) = FX_d(k) - K\hat{V}_d(k) \quad (8)$$

Burada ayrık durum ve giriş vektörleri

$$X_d(k+1) = tL_s^t(k) [\Phi_r^t(k)]^t = [i_{qs}(k) \ i_{ds}(k) \ \Phi_{qr} \ \Phi_{dr}]^t$$

$$V_d(k) = [v_{qs}(k) \ v_{ds}(k)]^t$$

F ve G matrisleri ise;

$$F = \exp[AT] =$$

$$= \begin{bmatrix} 1 - \frac{a}{b}T & 0 & \frac{T}{br} & -\frac{w_r T}{b} \\ 0 & 1 - \frac{a}{b}T & \frac{w_r T}{b} & \frac{T}{br} \\ \frac{L_0}{T}T & 0 & (1 - \frac{T}{r}) & Tw_r \\ 0 & \frac{L_0}{T}T & -w_r T & (1 - \frac{T}{r}) \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$G_1(t) = \exp(At)$$

$$G = \int_0^T G_1(t) dt B = \begin{bmatrix} 2 - \frac{a}{b} T & 0 \\ 0 & 2 - \frac{a}{b} T \\ \frac{L_0 T^2}{2br} & 0 \\ 0 & \frac{L_0 T^2}{2bT} \end{bmatrix} \quad (10)$$

olarak elde edilir. Ayırıklaştırma işleminde örnekleme süresi T'nin yeterince küçük seçildiği düşünülerek A'nın 2. ve daha yüksek dereceden terimleri ihmal edilmiştir.

MODEL İNDİRGE ME

Ayrık denklem takımı 8'in boyutunu ikiye indirmeye çalışalım. Bu amaçla (8) ifadesinin ilk eşitliğini parçalı biçimde tekrar yazarsak.

$$F_{11} = \begin{bmatrix} L - \frac{a}{b} T & 0 \\ 0 & 1 - \frac{a}{b} T \end{bmatrix}, \quad F_{21} = \begin{bmatrix} \frac{L_0 T}{r} & 0 \\ 0 & -\frac{L_0 T}{T} \end{bmatrix}$$

$$F_{12} = \begin{bmatrix} \frac{T}{b} & \frac{w_r T}{b} \\ \frac{w_r T}{b} & \frac{T}{rb} \end{bmatrix}, \quad F_{22} = \begin{bmatrix} 1 - T/T & w_r T \\ -w_r T & 1 - T/T \end{bmatrix}$$

$$G_{11} = \begin{bmatrix} 2 - \frac{a}{b} T & 0 \\ 0 & 2 - \frac{a}{b} T \end{bmatrix}, \quad G_{21} = \begin{bmatrix} \frac{L_0 T^2}{2br} & 0 \\ 0 & \frac{L_0 T^2}{2br} \end{bmatrix}$$

olmak üzere

$$X_d(k+1) = \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} \\ F_{21} & F_{22} \end{bmatrix} X_d(k) + \begin{bmatrix} G_u \\ G_{21} \end{bmatrix} V_d(k) \quad (11)$$

olarak verilebilir. il eşitliğinde rotor akı bileşenleri durum değişkeni seçilerek indirgenmiş ayırık durum ve çıkış denklemleri.

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

$$\dot{X}_r(k+1) = F_{22} X_r(k) + F_{21} I_s(k) - H_{32} i V_d(k) \quad (12)$$

$$Y(k) = [I_s(k+1) - F_{11} I_s(k) - G_{11} V_d(k)] = F_{12} \dot{X}_r(k) \quad (13)$$

olayı elde edilir. Sonuçta (13) çıkış denklemi stator akım ve gerilim değerlerinin kombinasyonu olarak elde edilmiş ve durum modeli 2. mertebeye indirgenmiştir.

ARTIRILMIŞ DURUM MODELİ

özellikle kısa devre rotorlu EM'lar da rotor akımları ölçülemediğinden, rotor parametrelerinin belirlenmesi oldukça güçtür. Bu güçlüğü aşabilmek için rotor zaman sabiti üçüncü bir durum değişkeni olarak (12-13) eşitlik takımına ilave edilebilir. Sonuçta; 0-1/T ek durum değişkenini içeren

$$X_a(k) = [\dot{X}_{qr}(k) \quad \dot{X}_{dr}(k) \quad \theta(k)]^t$$

$$R(k) = [I_g(k) \quad V_d(k)]^t$$

yeni durum ve giriş vektörlerinin kullanımıyla, arttırılmış model;

$$X_a(k+1) = F_a X_a(k) + G_a R(k) \quad (14)$$

$$Y(k) = [I_g(k+1) - G_b R(k)] = C_d X_a(k) \quad (15)$$

biçimine dönüşür. Burada,

$$F_a = \begin{bmatrix} F_{22} & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad G_a = \begin{bmatrix} F_{21} & G_{21} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_b = \begin{bmatrix} F_{11} & G_{11} \end{bmatrix}, \quad C_d = \begin{bmatrix} F_{12} & 0 \end{bmatrix}$$

dır. Doğrusal olmayan (14), (15) eşitlikleri aşağıdaki genel ifadeler ile yazılabilirler.

$$X_a(k+1) = f[X_a(k), H(k)] \quad (16)$$

$$Y(k) = C[X_a(k)]$$

$$f(.) = \begin{bmatrix} f_1(X_a, R(k)) \\ f_2(X_a, R(k)) \\ f_3(X_a, R(k)) \end{bmatrix}, \quad C(.) = \begin{bmatrix} C_1(X_a(k)) \\ C_2(X_a(k)) \end{bmatrix}$$

RASTSAL MODEL

Kalman filtrelemesi veya diğer bazı kestirim yöntemlerinde, kullanılan modelin rastsal olduğu varsayılmaktadır. Bu düşünce ile (16) durum denklemleri,

$$X_a(k+1) = f(X_a(k), R(k)) + G_a W(k) \quad (17)$$

$$Z(k) = C(X_a(k)) + N(k)$$

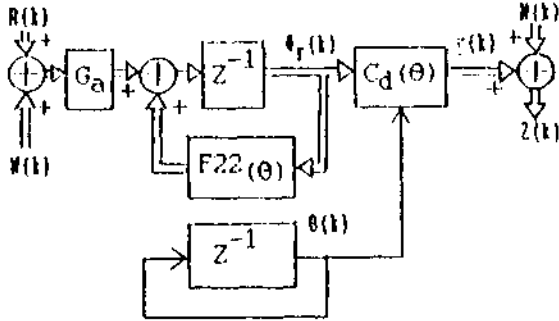
biçiminde yazılabilir. Burada $W(k)$ 4x1 boyutlu sistem, $N(k)$ ise 2x1 boyutunda ölçüm gürültü vektörleridir. Ölçüm değişkenlerinin birbirinden bağımsız olduğu varsayımı ile sistem gürültü kovaryansı;

$$E\{w(k)w(j)^T\} = Q\delta_{jk}, \quad Q > 0 \quad (18)$$

ve ölçüm gürültü kovaryansı ise;

$$E\{n(k)n(j)^T\} = N\delta_{jk}, \quad N > 0 \quad (19)$$

olup, burada Q 4x4, N ise 2x2 boyutunda sabit matrislerdir. Bu kovaryans matrisleri sistem üzerinde yapılacak bazı istatistiksel ölçümlerden belirlenir. EM için kurulan rastsal ayrık durum modeli şekil 1 ile verilmiştir.



Şekil 1. Filtreleme için endüksiyon motorun durum uzayı modeli.

FİLTRELEME ALGORİTMASI

Kurulan modelde akı bileşenlerini ve rotor zaman sabitini içeren $X_a(k)$ durum vektörünün belirlenmesinde genişletilmiş Kalman filtreleme (GKF) (Extended Kalman filtering) algoritması kullanılacaktır. GKF yöntemi zaman değişimli modelin son kestirim değeri civarında doğrusallaştırma işlevini kullanır [9]. Doğrusallaştırmada,

$$\Gamma = \frac{\partial f(\cdot)}{\partial X_a} = \frac{1}{b} \begin{bmatrix} 1 - \hat{\theta}(k)^T & w_r^T & \frac{\partial f_1(\cdot)}{\partial \theta} \\ w_r^T & 1 - \hat{\theta}(k)^T & \frac{\partial f_2(\cdot)}{\partial \theta} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (20)$$

$$\Omega = \frac{C(\cdot)}{\hat{X}_a} = \frac{1}{b} \begin{bmatrix} g(k)^T & -w_r^T & \hat{X}_{a1}(k) \\ w_r^T & s(k)^T & \hat{X}_{a2}(k) \end{bmatrix} \quad (21)$$

Jakobiyen matrislerine ihtiyaç vardır. Talimin ve düzeltme olmak üzere iki aşamayı kapsayan yöntem aşağıdaki hesap adımlarıyla verilebilir:

1) $\hat{X}_a(0), P(0)$ başlangıç değerlerinin belirlenmesi.

Tahmin işlevi:

2) $\bar{X}_a(kM) = f(\hat{X}_a(k)) \cdot R(k)$

3) $F(k) = Rf(\cdot) / aX_a|_A$
 $X_a(k)$

4) $M(kU) = r(k)P(k)tr(k)]^t + G_a Q G_a^{tc}$

Düzeltilme işlevi:

5) $Q(k) = [3C(\cdot) / SX_a]|_A$
 $X_a(k)$

6) $K(k+1) = M(k+1)2(k)^t [2(k)M(k+1)S(k)^{+R}]$

7) $\hat{X}_a(k+1) = M(k+1) + K(k+1)[Z(k) - C(\hat{X}_a(k+1))]$

8) $A=2$ işlevi başamağına dalkan.

$\bar{X}_a(k+1)$: Durum vektörünün ön tahmin değeri.

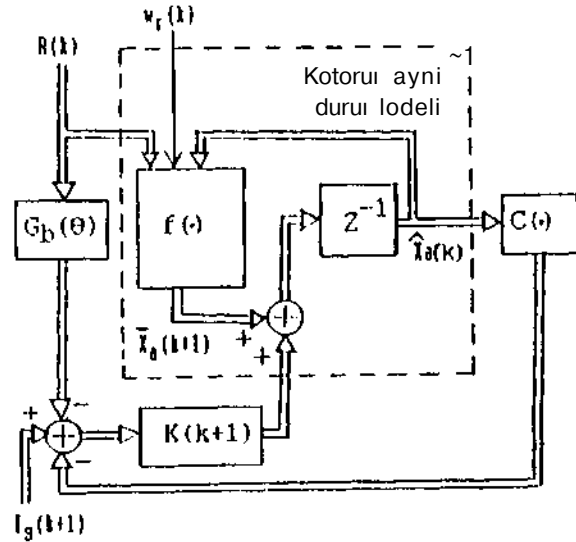
$X_a(k)$: Durum vektörünün kestirim değeri

$M(k+1)$: Talim in yanılıgısı kovaryansı

$P(k+1)$: Kestirim yanılıgısı kovaryansı

$K(k+1)$: Kalman kazanç matrisi

Filtreleme algoritmasının yapısı şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Filtreleme algoritmasının yapısı

BENZETİM SONUÇLARI

Çalışmada kullanılan EM'in özellikleri Ek-1 de verilmiştir. İlk benzetim testi ideal koşullarda genlik ve frekansı ayarlanabilen sinüsoidal beslemeli durum için elde edilip, değişik yük momenti ve hız değerlerinde sürekli durum çalışmasına uygulanmıştır. Aynı işlem altı adımlı giriş gerilimi için tekrarlanıp rotor zaman sabiti kestirim değerleri tablo I de verilmiştir.

Tablo I.

Değişik yük momenti ve hız değerleri için elde edilen kestirim sonuçları.

(Gerçek rotor zaman sabiti=0.1357)

| yük momenti ti | Tn | $\frac{T_n}{2}$ | $\frac{T_n}{4}$ |
|--------------------------|--------|-----------------|-----------------|
| Sinüsoidal 1435 d/d | 0.1357 | 0.1357 | 0.1357 |
| 6 adımlı | 0.135 | 0.135 | 0.135 |
| Sinüsoidal 717.5 d/d | 0.1357 | 0.1357 | 0.1357 |
| 6 adımlı | 0.135 | 0.135 | 0.135 |
| Sinüsoidal 358.75 d/d | 0.1357 | 0.1357 | 0.1357 |
| 6 adımlı | 0.134 | 0.134 | 0.134 |

Tablo'dan her iki besleme için kestirim işlevinin yeterli doğrulukta sonuç verdiği görülmekte, akı bileşenleri ise kısa sürede kestirilmiştir. İkinci aşamada rotor direncindeki $(2/3)R_r$ biçimli bir basamak değişiminden elde edilen benzetim verileri kullanılarak kestirim yapılmıştır. Yöntemde;

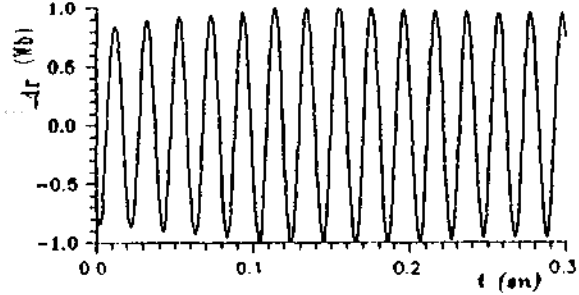
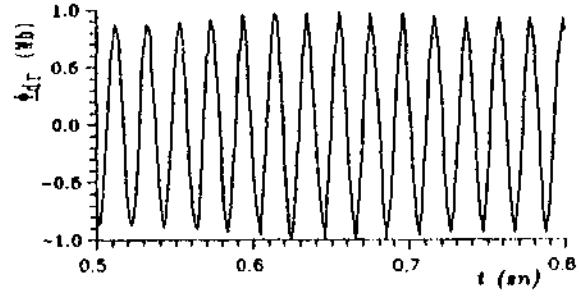
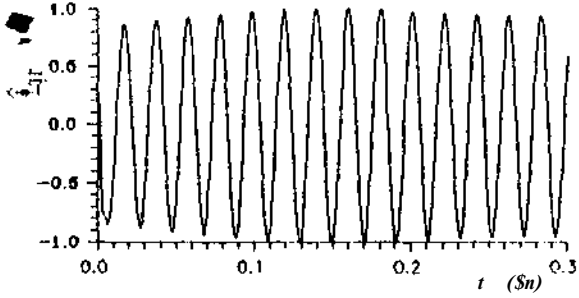
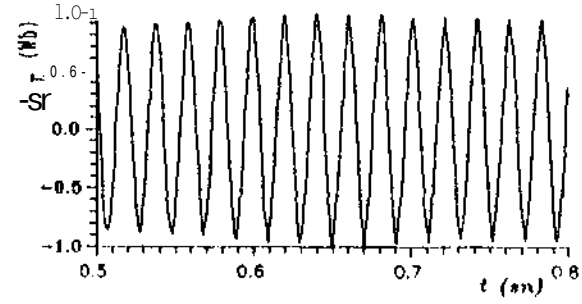
$$N = \begin{bmatrix} .01 & 0 \\ 0 & .01 \end{bmatrix}, \quad 0 = \begin{bmatrix} .001 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & .001 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & .001 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & .001 \end{bmatrix}$$

ve yanılıgı kestirim kovaryansının ilk değeri ise;

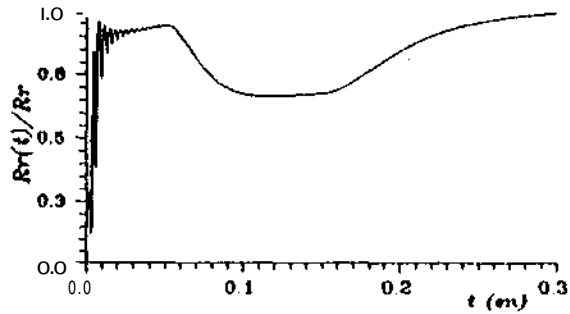
$$P_0(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & a \end{bmatrix}, \quad a=1000$$

olarak seçildi. Şekil 3'de verilen eğrilerden görüldüğü gibi algoritma, rotor direncindeki basamak biçimli değişimleri yaklaşık 50 ms'de izleyebilmekte. Akı bileşenleri ise çok daha kısa bir zamanda doğru deflere ulaşmaktadır.

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ



(J) Rotor akı bileşenlerinin gerçek ve kestirim eğrileri.



b) Rotor direnci değişim eğrisi

Şekil 3. Rotor direnç değişiminden elde edilen kestirim sonuçları.

ASENKRÜN MOTORLARDA KOMPANZASYON

Doç.Dr.Adnan KAYPMAZ Dr.Y Müh.Ayşen DEMİRÖREN
İTÜ ELEKTRİK-ELEKTRONİK FAKÜLTESİ
Elektrik Mühendisliği Bölümü
Gümüşsüyü-İSTANBUL

ÖZET:

Bu çalışmada, asansör tesislerinde, kabin normal seyirinde belli bir hız ve kat seviyelerinde ise yumuşak bir duruş için gerekli olan düşük hızlan elde etmek amacı ile küllamlan çili hızlı kısa devre asenkron motorlarda, asansörün yol alma (kalkış), katlar arası normal seyir ve frenleme olarak verilebilen çalışma durumlarında, şebekeden çekilen reaktif enerji miktarına dayandırılan bir kornpanzasyon gücü hesabı amaçlanmıştır.

GİRİŞ:

Bilindiği gibi asansörlerde bugün için herhangi bir kornpanzasyon yapılmamaktadır. Bunun sebebi, asansörün hızla değişen ve birbirinden farklı çalışma periyodlarında, şebekeden çekmiş olduğu reaktif enerjinin değişiminin kontrol edilmesinin mümkün olmamasıdır. Asenkron motorlarda aktif gücün yanında, magnetik alan oluşumunda kullanılan reaktif güç de önem taşımakta olup, stator sargıları üzerinden şebekeden çekilen bu reaktif güç asenkron makinanın güç katsayısının düşük olma sebebidir. Asenkron motorlarda, akım, en büyük değerine kalkışta ulaşmakta, motor hızı arttıkça, önce yavaş daha sonra hızlı bir azalma ile sürekli değerine oturmaktadır.

Pratikte 0,7 gibi ortalama bir değer alınabilen güç katsayısı ise kalkışta düşük değerlerde olup, motor hızlandıkça artarak anma çalışma noktası civarında en büyük değerine ulaşır.

Asenkron motorun asansör talirinde kullanımı, bir iş makinasındaki uygulamadan farklı $\cos \phi$, bunlarda kalkış-normal çalışma-irenleme şeklinde ve katlar arası trafige bağlı olan sürelerdeki farklı çalışmalar sırasında, şebekeden çekilen reaktif güç değişimi çok hızlı olmaktadır. Normal reaktif güç röleleri ile kontrol ve kurnanda edilen kornpanzasyon tesisleri ile bu değişimi takip ederek gerekli kornpanzasyon gücü ayarını yapmak mümkün olmamaktadır. Normal olarak bu tip sistemlerde düşünülebilecek olan grup ya da merkezi kornpanzasyon ile otomatik reaktif güç ayan asansör motorlarında mümkün olmamaktadır $\cos \phi$. Bu nedenle, asansör tesislerinde, asenkron motorların doğrudan uçlarına bağlanan ve sabit bir kornpanzasyon gücü verecek kondansatör ünitelerinden oluşan tekil kornpanzasyon terdh edilmelidir. Böylece kornpanzasyon tesisleri motorla birlikte devreye girip, onunla birlikte şebekeden ayrılacaktır. Burada önemli olan, aşırı kornpanzasyona neden olmayacak sabit bir kornpanzasyon gücünün hesaplanmasıdır.

KOMPANZASYON GÜCÜ HESABI:

Kompanzasyon gücü hesabında hedef, aşın kompanzasyona neden olmadan şebekeden çekilen reaktif gücün uygun bir kısıtlını, motor uçlarına bağlanan sabit kondansatör üniteleri üzerinden (tekil kompanzasyon ile) sağlamaktır. Herhangi bir asenkron motorda, akla gelen ilk şey tam kompanzasyon ($\cos = 1.0$) yapmak olmakla beraber, bunun aşağıda özetlenen sakıncaları vardır. Bunlar,

1. Kısmi yüklerde (ki asansör motorları değişik yüklerde çalışmakta ve bu yük çoğu zaman nominal yükünden daha düşük olmaktadır.) tam kompanzasyonda reaktif güç, istenenden fazla olacağından, hatlar gene büyük akımla yüklenecek ve gerilim yükselecektir. Bu, sistem için zararlı olabilecektir.
2. Asenkron motorun devreden ayrılması halinde, eğer motor herhangi bir yolla döndürülecek olursa, motor uçlarına bağlanan kondansatörler, asenkron motoru, generatör çalışma konumuna getirecek mıknatıslanma gücünü sağlayıp, asenkron motorun, generatör olarak çalışmasına neden olabilirler.
3. Şebekeden aynı mış bir motorun kendi kendini uyararak ürettiği gerilim, böyle bir olayın varlığını düşünmeyerek motor uçlarına veya hatlarına dokunanları çarpabilir.
4. Motor uçlarına bağlanan kapasitenin fazla büyük olması durumunda şebekeden ayrılan motor, kendi kemlini uyarma yolu ile aşın gerilim üretebilir ve bu da sargı yalıtımı için zararlı olabilir.

5. Kondansatörler aşın gerilim üretmeyecek şekilde seçilmiş olsalar bile, kendi kendini uyarma yolu ile gerilim üretmeyi sürdüren asenkron motorun şebekeye bağlanması, aşın döndürme momentleri oluşturarak, motor mil ve kavramasına zarar verebilir/2/.

Genel olarak asenkron motorlar için verilen bu sakıncaların tümünün asansör tesislerinde ortaya çıkması mümkün olmamakla beraber gözardı edilmemesinde fayda vardır. Bu nedenle asansör motorlarında yukarıdaki sakıncalara neden olmayacak, bir kompanzasyon gücü hesabı daha da önem taşımaktadır.

Bilindiği gibi asenkron motorların tüm işletme özellikleri stator akım fazörünün, sinüs biçiminde bir döner alan, kapalı (kısadevre) bir rü.T devresi ve sabit parametrelili bir eşdeğer devre kabulleri altında, daire biçimindeki yer eğrisi olan daire diyagramı yardımı ile izlenebilmektedir.

Bu çalışmada, iki hızlı sincap kafesli asenkron motorun, asansör uygulamasında sıkça karşılaşılan, yol alma (kalkış) ve frenleme durumlarında, dolu çıkma (boş inme) ve boşta çıkma (dolu inme) olarak verilen kritik çalışma hallerini içeren reaktif enerjilerin hesaplanmasıyla reaktif güç hesabına geçilmiştir. Bu hesaplarda, daire diyagramı yardımı ile kaymanın değiştirilmesiyle, reaktif gücün kaymaya bağlı değişimi bilgisayar yardımı ile elde edilmiştir. Sonuç olarak, yapılan simülasyon yardımı ile asansör motorunun bir çalışma periyodunda (kalkış-normal çalışma-fren) şebekeden çekmiş olduğu reaktif enerjiler bilgisayar yardımı ile hesaplanmıştır.

ASENKRON MAKİNALARDA $\cos\phi$ 'NİN KAYMA İLE DEĞİŞİMİ

Bilindiği gibi, asenkron makinanın çalışma ilkesi rotor hızının döner alan hızından farklı olmasıdır. Burada, döner alan hızı ile rotor hızı arasındaki farka denilecek olursa, kayma bu İnsin döner alan hızına oranı olarak.

$$s = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad (1)$$

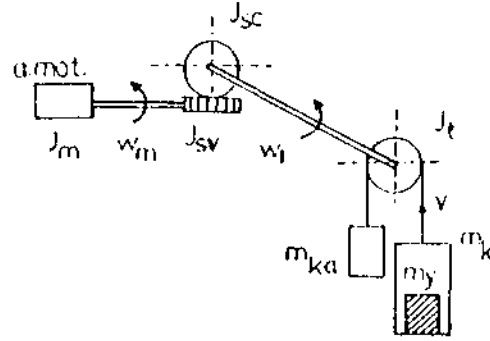
biçiminde tanımlanabilir, Burada n rotor hızını göstermektedir.

Kayma, oranlanmış bir büyüklük olup, % ile ifade edilmektedir. Teorik olarak - <° ile + <» arasında değişir, anma çalışmasındaki kaymanın değeri % bir kaç olup, anma gücünün büyümesiyle bu değer giderek küçülür.

Asenkron motorun, durma durumunda $n=0$ ve $s=1$ dir. Senkron çalışmada ise $n=n_1$ ve $s=0$ olmaktadır. Bilindiği gibi bu iki değer arasında asenkron makina motor olarak çalışır ve bu durumda kayma daima pozitifdir. Rotorun döner alana ters yönde dönmesiyle elde edilen fren çalışmada motor hızı negatif ve kayma birden büyük ($s>1$) olacaktır. Ancak burada rotor hızının döner alan hızını geçmesi durumunda kayma negatif olarak ve makina generatör olarak çalışacaktır.

SİSTEM TANITIMI:

Asansör motorunun verilerinden biri olan atalet momentinin hesaplanmasında Şekil 1'de verilen sistem kullanılmıştır. J_M ,



Şekil 1: Asansör sisteminin basit şeması.

Burada atalet momenti ifadesi:

$$J = J_m + J_{sv} + (J_{sc} + J_t) \left(\frac{w_1}{w_m} \right)^2 + \left(\frac{m_k + m_{kk}}{n_d} \right) \left(\frac{v}{w_m} \right)^2 + \frac{m_y}{n_d} \quad (2)$$

olarak kabul edilmiştir. Denklem (2) ve Şekil 1'de gösterilen parametreler,

| | | |
|------------------|-----------------------------|-----------------------|
| J_m | : motor eylemsizlik momenti | (kgm ²) |
| J_t | : tamburun " | " (kgm ²) |
| J_{sv} | : sonsuz vidanın " | " (kgm ²) |
| J_{sc} | : sonsuz çarkın " | " (kgm ²) |
| M^{kah} | : kah in ağırlığı | (kg) |
| M_y | : yük ağırlığı | (kg) |
| $(m_k + m_{kk})$ | : yük ve kabin ağırlığı | (kg) |
| n | : dişli verimi | |
| w_m | : motor çevirme oranı | |
| v | : öteleme hızı | (m/sn) |

olup, bunlar veri olarak görülmektedir.

Bilgisayar hesaplanılan aşağıdaki ana adımlar halinde ele alınmış ve buna ilişkin bir bilgisayar modeli kurularak, çeşitli durumlar için programlar yazılmıştır.

1. Adım: Asenkron motor ve asansör sistemine ilişkili,

p_m : mekanik güç= 6000
 M_n : nominal moment=37.278
 M_Q : yol alma momenti=92.214
 M_a : yol alma momenti= 58.86
 J_m : 0,337
 J_l : 9,924
 J_{sv} : 0,1
 j_i : 2
 M : 1100
 M : 640
 M : 1420
 n : 1
 w_i/w_2 : 1/36
 v : 1
 $U(V)$: nominal gerilim=380
 i_n : 1. kafese ait nominal akım=16
 $\cos \phi_n$: 0,76
 i_{n2} : 2. kafese ait nominal akım=11,5
 i_k : kısa devre akımı=59
 $\cos \phi_k$: 0,5
 i_o : boşta çalışma akımı=9,6
 $\cos \phi_o$: 0,2
Kat sayısı : 4
 n_1 : 1. kalesin devir sayısı=1500
 n_2 : 1. kafesin nominal devir sayısı= 1400
 n_2 : 2. kafesin devir sayısı=375
 r_{nu} : 2. kafesin nominal devir sayısı=310

verilerini oku.

2. Adım: Daire diyagramına ilişkin koordinatları hesaplayarak, daire diyagramını oluştur.

3. Adım: Kayma doğrusunu elde et ve kayma doğrusunu 10 eşit parçaya böl, bu 10 noktadan faydalanarak daire diyagramını yardımcı ile 10 ayrı çalışma noktası (10 ayrı kayına değeri) için aktif ve reaktif güçleri ve momentleri hesapla.

4. Adım: Kademeli yol alma zamanını, atalet momenti, açısal hız ve momentlere bağlı olarak hesapla.

5. Adım: Yamuk yöntemi ile kalkış ve frenlemede hesaplanan reaktif güç ve zaman değerlerinden de faydalanarak yol alma (kalkış) ve frenleme durumlarındaki reaktif enerjiyi hesapla.

6. Adım: Atalet momentlerinden yararlanarak mekanik frenleme sürelerini bul.

7. Adım: Bul iman toplam reaktif enerjisi toplam zamana bölerek ortalama reaktif gücü hesapla.

ÖRNEK: örnek olarak 6 kW'lık motor ele alınmış ve program yardımcı ile,

Dolu çalışma hali için:

Yol alma zamanı : 0,9

Sürekli çalışma zamanı: 9,762102

Frenleme zamanı : 1,81

Reaktif enerji : 3,051717E-02 kVARh

Ortalama reaktif güç : 8,133kVAR

$Q_{reaktif} = 3,051717 \times 10^{-2} \times 3600 = 110 \text{ kVAR}$
 $Q_{reaktif} = 110 \text{ kVAR}$

Boşta çıkma hali için:

Yol alma zamanı: 0,752859

Sürekli çalışma zamanı: 11,0979

Frenleme zamanı : 0,7632826

Reaktif enerji: 3,697699E-02 kVARh

Ortalama reaktif güç: 10,5531 kVAR

değerleri bulunmuştur.

Dolu çılana durumu için bulunan değenle kompanzasyon yapıldığında olmakta ve frenlemede aşın kompanzasyon sözkonusu olmaktadır. Bu süre 1 ,S 1 sn gibi çok kısa bir süredir. Ancak kalkışta, yapılan kompanzasyon yeterli olmamaktadır.

Normal asenkron motor çalışmasında $\cos\phi = 1$ yapılmanın sakıncalarından dolayı bu gücün altında bir güç kabul edilmesi beklenmektedir. 6 kW gücünde bir asenkron motor için standart olarak tablolardan hesaplanan kompanzasyon gücü,

$$Q_c = 3 \text{ kVAr}$$

olup, bu durumda

$$\cos\phi = 0,959$$

olmaktadır, öte yandan, ABB ve Siemens'in el kitaplarından asenkron motorlar için verilen reaktif kompanzasyon gücü boşa çalışmada çekilen reaktif gücün "föU"ndan küçük olmak koşulu ile

$$Q_c = 0,9/\hat{I} \cdot U \cdot I_0 \cdot \text{srW}_0$$

biçiminde elde edilmektedir /5, 6/, Bu yöntem ile

$$\cos\phi = 0,848$$

bulunur.

SONUÇ:

6 kWlık bir asansör motoru için yapılan hesaplar sonucu, $Q_{\text{ort}}=8,133$ kVAr olarak bulunmaktadır. Bu miktarda kompanzasyon yapılması halinde, yol verme anında şebekeden çekilen reaktif güç, $Q_{\text{max}}=33,63$ kVAr dan başlayıp, hızla normal çalışma reaktif yükü $Q_{\text{nor}}=6,85$ kVAr'e düşmektedir. Bu yolalma (kalkış) durumunda,

$$\cos\phi^* = 0,895$$

olmaktadır. Ancak nonnal çalışma (katlar arası yolalma) halinde, bu $Q_c=Q_{\text{ort}}=8,133$ kVAr biçiminde yapılan kompanzasyonda bir miktar aşın kompanzasyon ortaya çıkmaktadır. Bu ise

$$Q_{\text{aşırı}} = Q_{\text{nor}} - Q_c = 6,845 - 8,133 \\ \gg -1,288 \text{ kVAr}$$

olarak hesaplanmaktadır. Bunununda,

$$\cos\phi > = 0,9925$$

olmaktadır.

Burada ortaya çıkan aşın kompanzasyon gücü bina bazında ele alındığımla binadaki diğer kompanzasyon ihtiyacına yardımcı olacaktır için bozucu bir etki yapmayacaktır. Bilindiği gibi binanın toplam gücüne göre bir dönem için kullanılacak reaktif enerji, aktif enerji nin yansından daha küçük

olmalıdır. Binanın şebekeden çektiği gücün güç katsayısı yukarıdaki değerlere göre 1-0,9 arasında değişmeye imkan sağlar. Binanın diğer güçleri için yapılan kompanzasyon 0,9 dvannda ise asansör motorunun kompanzasyonu sırasında ortaya çıkan kısa süreli kapasitif güç, binanın diğer endüktif güçleri ile karşılaşır ve güç katsayısı 1'e yaklaşır.

Burada dikkat edilecek diğer bir husus asenkron motorun termik koruyucu ayandır. Motor uçlarında yapılan kompanzasyon nedeni ile termik üzerinden geçen akım, kondansatörlerin verdiği reaktif akım sebebi ile azalacağından, bu termik ayarlan nominal akımdan daha küçük değerlere getirilmelidir. Bunun kontrolü ise motoru iki faza bırakarak yol verme biçiminde yapılmalıdır. Bu durumda termik koruyucunun görevini 30 saniye içinde yapması gerekmektedir.

KAYNAKLAR:

/I/ Pröf.Dr.M.BAYRAM, "Güç Katsayısının Düzeltilmesi ve Güç Kondansatörleri" İTÜ Elektrik Fakültesi, 1977.

a\ Prof.Dr.I.ÇETİN, "Elektrik Motörleri"

13/ Prof.Dr.M.K.SARIOGLU, "Elektrik Makinaların Temelleri III (Asenkron Makinalar)" İTÜ Müh.-Mim.Fakültesi, Maçka, 1977.

IH Prof.E.ÜNALAN "Elektrikte Tahrik (Krenlerin ve Asansörlerin Elektrik Motorları ile Tahriki) İTÜ Kütüphanesi, 1978.

751 B.Boehle, O.Guthman, K.Haneke, K.H.Hugix W.Tettenbom, G.VoB, H.Wittwer, ABB, Svitchgear Manual, 8th Edition, Federal Republic of Germany, 1988.

tö/ Siemens Electrical Engineering Handbook.



ÖZGEÇMİŞ: Adnan Kaypmaz, 1944'de Erzincan'da doğdu. Orta eğitimini Erzincan'da tamamladıktan sonra 1965'de girdiği İTÜ Elektrik Fakültesinden 1972'de Yüksek Mühendis olarak mezun oldu. 1977'de

başladığı

doktora çalışmalarını 1980'de tamamladı. 1984-1986 arasında ABD'de Illinois üniversitesinde misafir profesör olarak bulundu. 1988'de Doçent olan Adnan Kaypmaz, halen İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü, Elektrik Tesisleri Anabilim Dalı'ndaki görevine devam etmektedir.



ÖZGEÇMİŞ:

Ayşen Demirören Bursa'da doğdu. 1976'da İTÜ MMF Elektrik Bölümü'ne girdi. 1982-85 yılları arasında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Enerji Bölümünde Yüksek

Lisans öğrenimini tamamladı. 1985 yılında aynı enstitüde Doktora çalışmasına başladı. 1993 yılında Doktor unvanını alan Ayşen Demirören, 1982 yılından beri İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Tesisleri Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisidir.

Yük.Slk.Müh. Sabri ÇAMUR
Elk.Müh. Dirol ARİ?OĞLU

KOCASLi ?HtV3BSi:TSS1
! Mühendislik Fakültesi
i İZMİT

ÖZET

Bu çalışmada usun yıllar büyük bir değişikliğe uğramamış DA Makinalarının geliştirilmesi ve en büyük olumsuzluk, kaynağı teşkil eden kollektör mekanizması kaldırılması; ve yerine statik koaitasyon» temin eden güç elektro-niği düzeneğinden oluşmuştur.

DA Makinaları karakteristikleri bakımından halen günümüzde tüm olumsuzluklarına rağmen tercih sebebidir- ihtiyaç duyulan bu özel karakteristikleri gereği asenkron makinalardan vektör kontrolü yöntemi ile moment bilecenleri akı ve akını ayrı ayrı kontrol edilmek sureti ile serbest uyarımlı DA motor karakteristiğine ulaşmak istenmektedir. Bu yöntemin başarısı çok hisli bir işlemci, hisli bir Inverter düşeni ve iyi bir matematiksel yöntem ihtiyacı gerektirir. Bism çalışmamış bu çalışmaya alternatif teşkil edecek bir çalışmadır. Bu çalışmada DA makina modeline sadık kalınarak geliştirilmiş tne kontrol düserleği sayesinde tamamen DA makina karakteristiklerini veren bir çalışmadır.

Motorun tasarımındaki temel özel likler aşağıdaki gibidir.

a. Stator ve rotor sarım şekilleri klasik makinaya göre yerleri de&iv&tirmiş böylece kollektörler hareketsin kısma aktarılmıştır.

b. Her kollektör elemanına akın) I girişi çıkışı süc elektro-niği e- ! Isınanları ile sağlan&ie, bunu yaparken gerçek anlamda doğru ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

akı ve akını aynı anda meydana gelen olaylar yapay olarak gerçekleştirilmiştir.

e. Tüm bunları bir kontrol ünitesi safilanmakta bu kontrol ünitesi rotor konum algılayıcısından sürekli bilgi almaktadır.

d. Endüviye uygulanan sarını sekli aynı fakat statora sarılmıştır.

Yukarıda sıralanan prensiplerin ışığında yeni bir motor disayn edilmiş ve pratik olarak gerçekleştirilmiştir.

1. Giriş

Bu çalışmamda usun yıllar fazla bir değişikliğe nâramamı? dofrulakım makinalarının geliştirilmesi ve en büyük olumsuzluk kaynağı olan kollektör mekanizmasının kaldırılması, yerine statik güç elektro-niği elemanlarının alınmasıyla, doğru akım makinalarına yeni bir boyut açılmıştır.

Benzen isimler altında yapılan d13 kaynaklı çalışmalarda üç fas bilezikli asenkron makinalardan DA makinası karakteristiği elde etmeye yada üç fas senkron makinalardan benzer karakteristiğin elde edilmesi esasına dayanır.

(Yapılan bu çalışmada bir PA makinası referans alınarak gerçekte TA makinasına olan tüm olaylar ve prensiplere bağlı kalınarak disayn edilmiş, kollektörlerin tüm görevi statik ilenianlara yaptırılmış 12 "kollektörü olan bir doğru akım makinasının aynı karakteristikleri elde edilmiştir. Geliştirilen makina DA

makineleri için çevreli devir hızı, yarı ve moment için verilen tüm bağıntılar geçerlidir.

Motorun tasarımındaki temel aşamaları aşağıdaki gibidir.

- Stator ve rotor kollarını yer değiştirecek, böylece kollektörler hareketlenerek kılma aktarılacaktır.

- Her elemana ayrı girişi çıkışı güçlenmesini elemanları ile sağlanacak, bunu yaparken gerçek anlamda DA makinelerinde meydana gelen olaylar yarar olarak gerçekleştirilecek.

•- Tüm bunları bir kontrol ünitesi sağlayacak, bu kontrol ünitesi rotor konum algılayıcısından sürekli bilgi alacak.

- Endüviye uygulanan salınım şekli aynı fakat statör'e sarılacak.

Yukarıda sıralanan prensiplerin ışığında yeni bir motor tasarlanmıştır ve pratik olarak gerçekleştirilmiştir.

2, KOLLEKTÖR SAKINMAYA GEÇİŞ

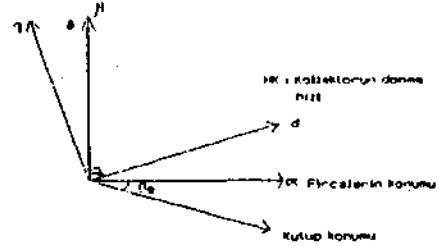
Bu bölümde klasik doğru akımı makinalarda gerçeğe yakın tüm hareket ve olaylar bu makineye gös önüne alınarak yapılarak gerçekleştirilmiştir.

Bir doğru akım motorunu görs önüne alalım ve bu motorun serbest uyarıya düşünülürken motora enerji verilip milini kilitlediğimizi faraz edelim. Bu makine gövdesinin etrafında dönerken, gövdenin aile uyguladığı moment milin gövdeye uyguladığına eşit ve zıt yönlüdür. Bu dönme esnasında kollektörler hareketlenerek fırçalar hareketlenir. Demek ki kollektör sabit tutulup fırçalar kutuplarla aynı hızda döndürüldüğünde benzer nitelikte bir hareket elde edilebiliyor, bu hareket noktası tamamen bu özelliğe dayandırılabilir.

Olayın matematiksel analizi için aşağıda ki eksen takımlarından faydalanabiliriz,

978

- Fırçaların konumu (sabit eksen)
- ivmelenme eksenini (öner eksen)
- j d
- Kutup Konumu (sabit eksen)
- Kutup-Fırça aralığı ÖCI
- Kollektörün dönme hızı
- Fırçaların dönme hızı

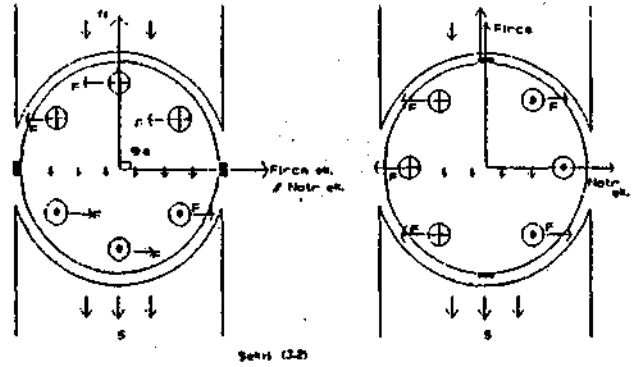


d eksenini referans alınırsa

$$W_k = -W_f \pm d \frac{d\theta}{dt}$$

9 sabit ise $W_k = -W_f$ dir

Doğru akım makinalarında vektörlerden de anlaşılabilir (işaretle fırçaların kutupları arasında sabit açı korunmakta, kollektör ise bunlara göre W_k ile dönmektedir. Hızın oluştuğu moment ise fırçaların nötr ekseninde olduğu kabulü ile, 9 fırça ile kutup arasındaki elektrik akımı olmak üzere;



Formül (312) için

$$M = k \cdot I \cdot S \cdot \sin \alpha$$

H = H_max

Formül (313) için

$$H < 11 \cdot S \cdot \sin \alpha$$

H = H_max

$$M = k \cdot I \cdot S \cdot \sin \alpha$$

Bu prensiplerden hareket ile momentin sürekli olması için 8'nin sıfırdan farklı olması momentin salınmaması için de sabit olması gerekiyor. Kollektöre göre bir hız tanımlanacak olursa kutup-

ların dönme hızı ile fırçaların dönme hızı aynı fakat farklıdır. Bu fark farkıda 8'e eşittir. Şimdiye kadar yaptığımız incelemeleri kolektörün süzme doâruaklısı makinasının temel prensiplerini ortaya koymuş bulunuyorum. Bundan sonraki kısmda bu tekellerden hareket ile makinanın gerçekleştirilmesi anlatılacaktır.

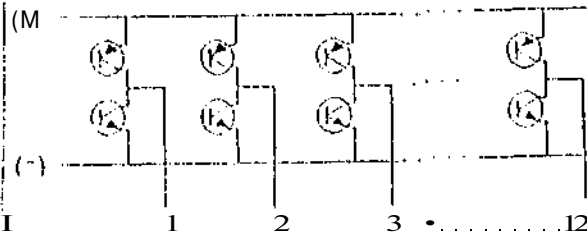
Kolektörün sabit fırçaların hareketli olabileceğini göstermiştik. Şimdi endüvi ile endüktörün yerlerini de istirdiği MIZI düşünelim. Kutuplar hareketli endüvi sargıları hareketli olacaktır. Endüvi aarun.1 stator üzerine sarılıp kolektör uçları, dışarı çıkarıldıânda kutuplar içe bileşikler ile elektromagnatis veya sabit magnatis yapılabilir.

Fırçaları çıkarılan kolektör dilimleri üzeride yukarıda prensipleri k-Otu'n .vekilde hareket ettirilirse; bu hareket, için rotor konuu kontrolü soruruluğu ortaya çıkar.

Fırça rotor konumuna belirli olarak belirli bir hızda kolektörü taranmaktadır, Fırçaların yaptığı bu işi gÜçelektronik elemanları yapmak mümkündür. Fırçaların yerini alacak eleman akımı her iki yönde iletebilme özelliğine sahip ve kontrol ünitesinin belirlediği anda akımı kolektörden içeri veya dışarı alabilmedir!

3. KOLEKTÖRÜN GÜÇ ELEKTRONİKLERİ

GERÇEKLEŞTİRİLMESİ



Uygulamada görüldüğü gibi bir kolektör dilimine pozitif ve negatif barodan yarı iletken elemanlarla bağlantı yapılır. ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

Öç: konu: Hi yarı iletkenler burada transistör olarak seçilmiş ve her dilim için bir çift transistör kullanılmıştır.

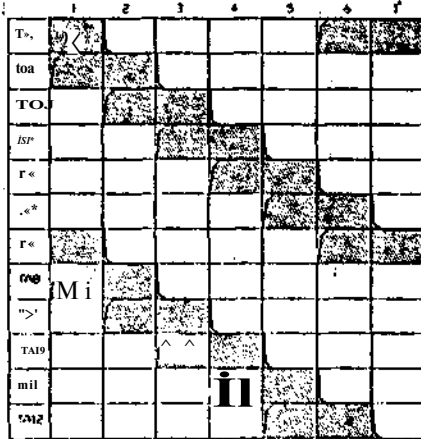
Müşterek kolektörleri üzerine lamel bağlantısı yapılır. Üzerinde çalışılan TU Ot or dört kutuplu, her t anında bir fırçaya karşı düşen eleman iki dilime basmaktadır. Böylece her t anında akım dört dilinden girip dört dilimden çıkmaktadır. Böyle olunca çekilen akımın 1/4'ü bir transistörden geçmektedir.

$$I_n = P / \dot{u}$$

Bir transistörden geçen akım ;

$$I_{tr} = I_n / 4$$

Seçilen transistörler bir idevir sayısında bu tasarım için bir keç devreye girip t/3 kadar sürede devrede kalıp çıkarlar.



4. KONTROL DOZSINI

Klasik doâru akım makinasında fırçaları yaptıâı dağıtımını güç elektronik elemanlarının yapmasını sağlar.

Rotor konumu başlangıçta set edilir. Bu konumun rans alınarak rotor üzerine yerleştirilen konum kontrol mekanizması sayesinde tetikleme sırası kontrol edilir. Böylece rotor ne kadar dönerse dönsün 8e'nin sabit kal-

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ASENKRON MAKİNANIN PERFORMANS ANALİZİ

Bekir KARLIK Ali İhsan ÇANAKOĞLU Halit PASTACI

Y.T.Ü. Elektrik - Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü
Beşiktaş/İSTANBUL

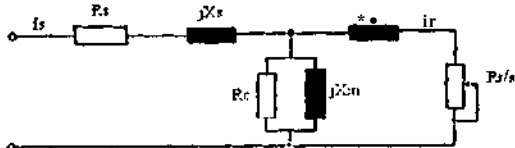
ÖZET

Yapısının basitliği, kontrolünün kolaylığı, az bakım gerektirmesi özellik/erinden do/ayı asenkron motorlar endüstride en çok kullanılan tahrik makinalarıdır. Güç elckfroniğindeki gelişme/erle hız ayarının geniş aralıklarda kolayca yapılabilmesi de tercih edilme sebeplerindendir. Bu çalışmada, asenkron makinaların performans tahmininde ilk o/arak Yapay Sinir Ağlarının kullanılabileceği ileri sürülmüştür.

I. GİRİŞ

Asenkron motorların kararlı hal analizinin amacı tasarım aşamasında performans tahminidir. Tasarımcı oldukça basit tasarı kuralları ile bir model geliştirip ön tahmin analizleri ile makinanın performansını hesaplar. Hesaplanan değerler istenen özellikleri veriyorsa tasarımın uygun olduğu söylenebilir. Aksi durumda gerekli ayarlamalarla performansın tekrar hesaplanması gerekir. Bundan dolayı kullanılan analiz hem hızlı damalıdır hem de optimum sonuç vermelidir.

Klasik tasarım analizi, makinanın karar-hal bir faz eşdeğer devresine dayanmaktadır. Şekil.1'de bu eşdeğer devre görülmektedir.

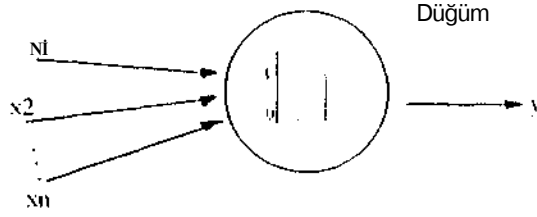


Şekil.1 Asenkron Motorun bir faz/ eşdeğer devresi
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

Gerçekten kökleşmiş olan bu modelin kullanımı, mümkün olan tasarım değişikliklerinin tasarımcı tarafından tayinine izin verir ve bu değişiklikler eşdeğer devre parameterelerine yansır. Bu metod oldukça basittir ve maliyeti düşüktür. Son yıllarda elektrik makinalarının analizinde yaygın kullanılan ve nümerik bir metod olan Sonlu Eleman Modelleri sonuca çok iyi yaklaşmaktadır. Ancak henüz kullanışı basit değildir ve maliyeti çok yüksektir [1], Bu çalışmada, Yapay Sinir Ağlarıyla asenkron motorun performans tahmininin yüksek doğrulukta ve basit bir şekilde yapılabilirliği gösterilmiştir.

2. YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA)

YSA paralel dağılmış enformasyon işleme sistemidir. Düğümler "işlem elemanları" olarak tanımlanır. Düğümler arasında tek yönlü bağlantılar vardır. Her işlem elemanı istenildiği sayıda giriş bağlantısı ve tek bir çıkış bağlantısı olabilir. İşlem elemanları lokal bellek taşıyabilirler. Ayrıca her işlem elemanının bir transfer fonksiyonu vardır. Bu transfer fonksiyonları sürekli veya kısmen sürekli olabilir. Giriş işaretleri YSA'na ilgi taşır. Sonuç ise çıkış işaretlerinden alınabilir [2] Şekil.2'de genel bir işlem elemanının yapısı gösterilmiştir.

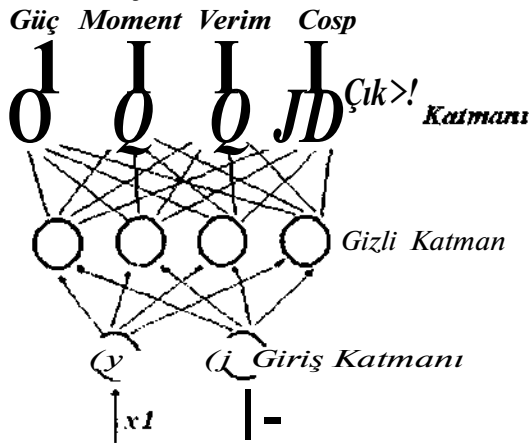


Şekil.2 Düğüm (İşlem elemanı) yapısı.

YSA bir takım alt kümeler ayrılabilir. Bu alt kümelerdeki elemanların transfer fonksiyonları aynıdır. Bu küçük gruplara "katman" adı verilir. Transfer fonksiyonu ve lokal bellek elemanı bir "öğrenme kuralı" ile giriş-çıkış arasındaki bağıntıya göre ayarlanır. Öğrenme kuralı ağırlıkların (w) değişimine bağlıdır[3]. Bir çok öğrenme kuralı vardır. Bu çalışmada çok katmanlı perseptronda süpervised öğrenme ile hatanın geriye yayılması (back-propagation) kullanılmıştır, iler işlem elemanı kendisine verilen lokal veriye göre kendini ayarlayarak bütün YSA'nın tüm bilgiyi bölmesini öğrenmesini sağlar. Bilgiyi olasılık yoğunluk fonksiyonu ile de tanımlanabilir. Çalışmamızda transfer fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır.

3. YSA İLE ASENKRON MOTORUN PERFORMANS ANALİZİ

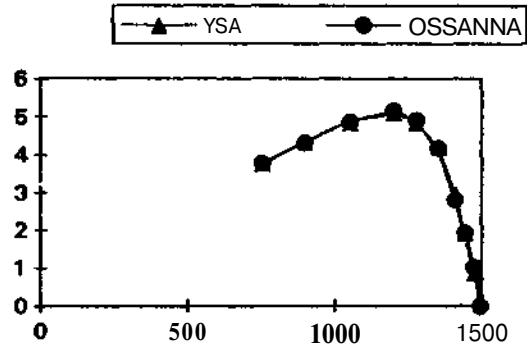
YSA ile asenkron makinanın performans analizi için kullanılan 3-katmanlı, ileri beslemeli ağ mimarisi Şekil.3'te gösterildiği gibidir.



Şekil.3 3-katmanlı YSA mimarisi

Yukarıdaki şekilden de görüleceği gibi düğümün sayısı 2:4:4 biçimindedir. Yapılan çalışmalar sonucu öğrenme hızını ayarlayan momentum terimi $\alpha=0.05$, $\eta=0.6$ olarak bulunmuştur. Program dili Turbo PASCAL olup, iterasyonlar için bir PC 486 TTX bilgisayar kullanılmıştır. 5000 iterasyon sonucu yapılan hata (yüzde olarak) $e=0.0077$, 10000 iterasyonda ise $e=0.0053$ olmuştur.

Ayrıca laboratuarda 3.3 kV, 220/380 V, rotoru sargılı bir asenkron motor ile Ossanna Daire diyagramı yardımıyla işlemler karakteristiklerinin çıkartılması deneyleri yapıldı. Bu deney sonuçları ile YSA sonucunda elde edilen çıkışlar aşağıda Tablo.1'de verilmiştir. Şekil.4'te ise deney ile YSA çıkışından elde edilen hız-moment karakteristiğinin karşılaştırılması gösterilmiştir.



Şekil.4 YSA ve Ossanna'da elde edilen hız-moment karakteristikleri

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Yukarıda da bahsedildiği gibi, YSA sonucu yaklaşık %0.5'lik bir hata ile elde edilen değerlerdeki tanıma kalitesi yapılan deneyler sonucu kanıtlanmıştır. Ayrıca YSA'nın öğrenmeden sonra test aşamasında verilen örnek girişlere cevabı çok kısa bir sürede olmaktadır. Yani verilen x_1 ve x_2 girişlerinin sonucu YSA asenkron motorun gücünü, momentini, güç katsayısını ve verimini anında vermektedir. Bu da özellikle asenkron motorun performans tahmininde tasarımcıya büyük kolaylık sağlayacaktır. Giriş parametreleri artırılarak, (örneğin makina boyutları, etiket değerleri, harmoniklerle ilgili veriler vb.) daha komplike bir hale getirilebilir.

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

| YSA Çıkışları | | | | | OSS ANNA sonuçları | | | | |
|---------------|----------------|-------------|--------|---------|--------------------|--------------|--------------|------|--|
| Devil | Mil (Hici(kW)) | Monent(kuH) | Verini | Cosip | Mil (iireük\V) | MomeiMki'.m) | Verim | O1«p | |
| 1495 | 0.09 | 0.19 | 12.2 | 0.11 | 0.01 | 0.00 | («. (Kı 0 n | | |
| 1475 | 0.57 | 0.81 | (>1.9 | 0.44 | 0.98 | 1.02 | 75 o | 0.45 | |
| 1440 | 1.58 | 19"! | 84.fi | ().f><> | 1.10 | 1.95 | 80.5 | 0.(4 | |
| 1410 | i.20 | 2.20 | 87.8 | 0.72 | ' 17 | 2.2.' | 82.1 | 0.72 | |
| 1450 | 1.80 | 4.21 | 8.V2 | 0.71 | ↑ 85 | 41 (← | 78.d | 0.71 | |
| 1275 | 4.11 | 4.89 | 72.8 | 0.>9 | A. Mi | 4.92 | 7) ^ | 0.71 | |
| 1200 | 4.14 | 5.09 | p>+. i | 0.<ö | 1.11 | 5.15 | (tl.O | 0.∞ | |
| 1050 | 1.75 | 4.89 | 5.1.0 | 0.59 | Vf»5 | 4.89 | M 4 | 0.87 | |
| 900 | 2.84 | 1.V7 | 41 (p> | 0.51 | 2 SI | 4. >5 | 1 ↑ 8 | 0.50 | |
| 750 | 1.98 | V77 | .11.6 | 0.44 | 2.04 | .1.77 | 11 7 | 0.45 | |

KKFKKANSLAK

fil S. Williamson, L. H. Lini. M. J. Robinson, "/* 'inift'-Kh'incul Model* far Inducioon Motor Amı/yısi.s," \VA\i. İrans. on Iulustiy Appl., Vol.26, No.6, pp. 1007-1017, Nov/Dec. I' 'O. [2] B. Katlık. f> Alkan. "İ.SVI ile Heslenim-Auulizi", 1. Uluslararası HilgisavaiUy» Scinp., Selçuk Univ., Konya. İla/. IWV [3J D. C. .1 Uü\o\ "Artificial Neuml Nclmrks /ÜM/Vf" İiüncüsüy Paık Notlinglianı, I'>W.



Ali İhsan ÇANAKOĞLU. 1978 yılında Kütahya'da doğdu. 1980 yılında Yıldız İnşaatçılık Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümünden Müh. İ. de mezun oldu. İ. ni'ersiteniu Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Müh. Programında doktora çalışmaları sürdürmekte ve İ. ni'ersiteniu Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Müh. Bölümü İlektirik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. (Araştırma alanları, elektrikli makinaların tasarımı ve CAD/CAE uygulamaları)



İzzet KAKLIK, 1951'de Karaman'da doğdu. 1978'de Yıldız İnşaatçılık Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü'nden Müh. İ. mezun oldu. İ. ni'ersiteniu Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Müh. Programında doktora çalışmaları sürdürmekte ve İ. ni'ersiteniu Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Müh. Bölümü İlektirik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. (Araştırma alanları: akıllı ölçme ve kontrol, güç elektroniği ve YSA uygulamaları)



Halil PASTACI, 1955'de İstanbul'da doğdu. 1978 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nden Elektrik Mühendisliği Bölümünden Müh. İ. mezun oldu. Doçentlik ve Profesörlük ünvanını 1988'de aldı. Halen Yıldız İnşaatçılık Mühendisliği Bölümünde Öğretim Üyesi olarak çalışmaktadır. İlgilendiği alanlar: Biyomedikal Mühendisliği, Elektrik-Elektronik Ölçme ve Kontrol uygulamalarıdır.

ÜÇ FAZLI ASENKRON MOTORUN UZAY VEKTÖR MODELİNİN ÇIKARILMASI

M.Hadi SARUL, Ramazan AKKAYA

Y.T.Ü. Elektrik - Elektronik Fakültesi
Elektrik Mühendisliği Bölümü, İSTANBUL

ÖZET

Bu bildiride, üç fazlı asenkron makinaların genel bir matematiksel modeli, faz değişkenlerinin karşılığı olarak tanımlanan uzay vektörleri (park vektörleri) yardımıyla çıkarılmıştır. Bu model, gerilim beslemeli PWM Inverterlerle asenkron makinaların sımetik veya asimetrik beslenmesinde geçici olayların incelenmesi amacıyla kullanılabilir. Bu model sayesinde bir koordinat sisteminden diğer bir koordinat sistemine dönüşüm kolaylıkla gerçekleştirilebilir.

Özellikle son yıllarda uzay vektör teorisi, üç fazlı devrelerin ve makinaların davranışının incelenmesinde geniş ölçüde kullanılmaktadır. Üç fazlı gerilim beslemeli PWM invertelerin analizi ve üç fazlı gerilim kaynağından beslenen bir asenkron motorun değişkenlerini tanımlamak için kullanılabilir. Uzay vektör teorisinin en önemli uygulama alanı ise alternatif akım makinalarının vektörel kontrolüdür [2,3,4,5].

Bu çalışmada makinanın lineer bölgede çalıştığı ve magnetik alanın hava aralığında sinüs şeklinde değiştiği kabul edilmiştir. Ayrıca demir kayıpları ile stator ve ratorun oluk etkileri dikkate alınmamıştır.

1. GİRİŞ

Asenkron motorların verimli çalışması, geçici ve sürekli çalışmadaki fiziksel olayların anlaşılmasına bağlıdır. Birçok matematiksel model elektriksel, magnetik ve mekanik bağıntıları hesaba katmayarak belirli temel kabullere göre tanımlanmıştır. Asenkron makinaların analizinin basitleştirilmesi amacıyla çeşitli makina modelleri çıkartılmıştır.

Bu modellerin en çok kullanılanları, rotor hızında veya senkron hızda dönen (d,q,o) sistem modeli ve statora dayanan (a,|J,o) sistem modelleridir. (d,q,o) sistem modeli,, (a, \\,o) sistem modelinden bir Oi dönme açısı yardımıyla elde edilebilir [1].

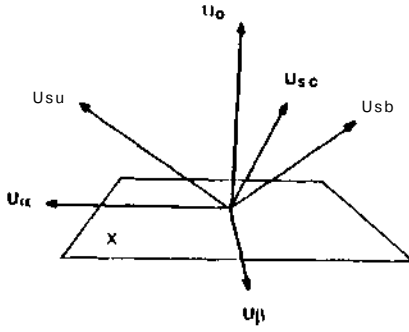
2.UZAY VEKTÖRLERİNİN TANIMI

Üç fazlı sinüsoidal şebekeden beslenen asenkron motorun stator faz gerilimleri,

$$\begin{aligned} U_{sa} &= U_m \cos(0 t) \\ U_{sb} &= U_m \cos\left(\left(0 t - \frac{2\pi}{3}\right)\right) \\ U_{sc} &= U_m \cos\left(\left(0 t + \frac{2\pi}{3}\right)\right) \end{aligned} \quad (1)$$

şeklinde yazılabilir.

U_{sa} , U_{sb} , U_{sc} veya u_a , u_b , u_c eksenleri, Şekil 1'de görüldüğü gibi, üç boyutlu dik bir koordinat sistemi meydana getirirler.



Şekil 1 Gerilim vektörlerinin tanımı.

U_{α} , U_{β} , U_{γ} vektörlerinin X düzlemine izdüşümünden üç fazlı sistem aşağıdaki gibi, iki (azlı (a,p,o) eşdeğer sistemine dönüştürülebilir. Bu durumda (α, β, γ) eksen sisteminde gerilim ifadeleri,

$$\begin{bmatrix} \bar{U}_{\alpha} \\ \bar{U}_{\beta} \\ \bar{U}_{\gamma} \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{sa} \\ U_{sb} \\ U_{sc} \end{bmatrix} \quad (2)$$

olur.

Burada, dengeli üç fazlı sinusoidal şebekeden beslenen asenkron motorun stator ve rotor sargılarının yıldız bağlı olduğu kabul edilmiş ve sıfır bileşen dikkate alınmamıştır. Üç boyutlu dik bir koordinat sisteminde ifade edilen bir uzay vektörü daima u_n , u_{β} eksenlerini içeren kompleks bir x düzlemi üzerinde bulunur.

Şekil 1'den.

$$\bar{u}_s = \bar{u}_n + j \bar{u}_{\beta} \quad (3)$$

şeklinde yazılabilir. (3) ifadesinde, (2) ifadesindeki u_{α} ve u_{β} değerleri yerine yazılırsa,

$$\bar{u}_s = \frac{2}{3} (U_{sa} + \hat{a} U_{sb} + \hat{a}^2 U_{sc}) \quad (4)$$

elde edilir. Burada $\hat{a} = e^{j \frac{2\pi}{3}}$ dir.

Bu şekilde faz gerilimlerinin kombinasyonunu içeren stator gerilim uzay vektörü (park vektörü) bulunmuş olur. Böylece zamanın fonksiyonu olan üç

gerçek büyüklük tek bir vektörle gösterilebilir. Eğer G_s vektörü bilinirse faz büyüklükleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak elde edilir.

$$\begin{aligned} U_{sa} &= \text{Re} (\bar{u}_s) \\ U_{sb} &= \text{Re} (\hat{a}^2 \bar{u}_s) \\ U_{sc} &= \text{Re} (\hat{a} \bar{u}_s) \end{aligned} \quad (5)$$

(5) ifadesindeki U_{sa} , U_{sb} , U_{sc} ' yi üç vektör olarak aşağıdaki şekilde tanımlayabiliriz.

$$\begin{aligned} \bar{U}_{sa} &= U_{sa} \cdot \hat{a}^0 = U_{sa} \\ \bar{U}_{sb} &= U_{sb} \cdot \hat{a} \\ \bar{U}_{sc} &= U_{sc} \cdot \hat{a}^2 \end{aligned} \quad (6)$$

$\hat{a}^0, \hat{a}^1, \hat{a}^2$ büyüklükleri aralarında 120° açı bulunan eksen sistemini gösterir. (6) ifadesinde görüldüğü gibi reel eksen a fazına karşı gelen eksendir. (4) ifadesi (6) daki değerler yerlerine yazılarak yeniden düzenlenirse gerilim, akım ve akılar için,

$$\begin{aligned} \bar{u}_s &= \frac{2}{3} (\bar{u}_{sa} + \bar{u}_{sb} + \bar{u}_{sc}) \\ \bar{i}_s &= \frac{2}{3} (\bar{i}_{sa} + \bar{i}_{sb} + \bar{i}_{sc}) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\bar{T}_s = \frac{1}{3} (\bar{T}_{sa} + \bar{T}_{sb} + \bar{T}_{sc})$$

yazılabilir. Burada \bar{i}_{sa} , \bar{i}_{sb} , \bar{i}_{sc} stator faz akımlarını, \bar{y}_{sa} , \bar{y}_{sb} , \bar{y}_{sc} stator faz akılarını göstermektedir.

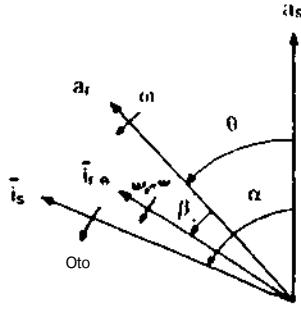
Uzay vektörleri \bar{u}_s , \bar{T}_s , $\bar{\Psi}_s$, \bar{a}_s stator eksenini referans olmak üzere, Şekil 2'de görüldüğü gibi stator doğal koordinat sisteminde tanımlanabilir.

Rotor uzay vektörlerine karşı gelen u_n , i_r , $\bar{\Psi}_r$ ω açısal hızıyla dönen doğal rotor koordinat sisteminde,

$$\begin{aligned} \bar{O}_m &= \frac{2}{3} (\bar{U}_{ra} + \bar{U}_{rb} + \bar{U}_{rc}) \\ \bar{I}_r &= \frac{2}{3} (\bar{I}_{ra} + \bar{I}_{rb} + \bar{I}_{rc}) \end{aligned} \quad (8)$$

$$\bar{\Psi}_{r0} = \frac{2}{3} (\bar{\Psi}_{ra} + \bar{\Psi}_{rb} + \bar{\Psi}_{rc})$$

dir.



Şekil 2. Stator ve rotor akımı uzay vektörleri ve onların doğal koordinat sistemi

(7) ve (8) denklemlerinde verilen vektörler herhangi bir koordinat sisteminde gösterilebilir. Rotor koordinat sisteminde rotor akımlarını uzay vektörü \bar{i}_r , Şekil 2'ye göre kutupsal koordinat sisteminde,

$$\bar{i}_r = |\bar{I}| \cdot e^{j\beta} \quad (9)$$

dir. Aynı vektör stator koordinat sisteminde ise,

$$\bar{i}_r = \bar{M}_r |\bar{I}| e^{j(\beta + \theta)} \quad (10)$$

dir. (9) eşitliği, (10) eşitliğinden yararlanılarak,

$$\bar{i}_r = T_{r0} \cdot e^{j\theta} \quad (11)$$

şeklinde elde edilir. Bu ifadenin invers dönüşümü,

$$T_{r0} = T_r e^{j\theta} \quad (12)$$

dir. Burada θ açısı, Şekil 2'deki stator ve rotor koordinat sistemlerinin a_s ve a_r referans eksenleri arasındaki açıdır.

3. UZAY VEKTÖRLERİ İLE GÖSTERİLEN ÜÇ FAZLI KISA DEVRE ROTORLU ASENKRON MOTORUN MATEMATİKSEL MODELİ

3.1. GERİLİM DENKLEMLERİ

Üç fazlı kısa devre rotorlu asenkron motorun stator ve rotora ait doğal koordinat sistemlerinde bilinen gerilim denklemleri yazılıp bu denklemlerin uzay vektör ifadeleri (4) ifadesinden yararlanılarak, stator gerilimi için,

$$\bar{U}_s = R_s \bar{i}_s + \frac{d\bar{\Psi}_s}{dt} \quad (13)$$

rotor gerilimi için,

$$\bar{U}_r = R_r \bar{i}_r + \frac{d\bar{\Psi}_r}{dt} = 0 \quad (14)$$

şeklinde elde edilir.

(13) ve (14) eşitliklerinde $\bar{\Psi}_s$ ve $\bar{\Psi}_r$ stator ve rotor koordinat sistemindeki akıların uzay vektörleridir. Asenkron motorun stator ve rotor sargılarının sarım sayısı eşit kabul edilerek, kendi koordinat sistemlerinde, stator ve rotor akımlarını uzay vektörü,

$$\begin{aligned} \bar{\Psi}_s &= L_s \bar{i}_s + L_m \bar{i}_r \\ \bar{\Psi}_r &= L_r \bar{i}_r + L_m \bar{i}_s \end{aligned} \quad (15)$$

olur. Burada,

$$\begin{aligned} L_s &= L_{s0} + L_m \\ L_r &= L_{r0} + L_m \end{aligned} \quad (16)$$

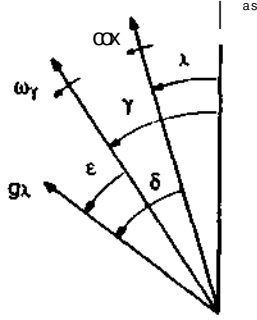
dir.

Bir model meydana getirebilmek için (13) ve (14) eşitliklerinin her ikisi de aynı koordinat sisteminde ifade edilebilmelidir. Modeli gerçekleştirebilmek için doğal stator referans eksenine göre takriben α açısal hızı ile dönen bir X genel koordinat sistemi tanımlanabilir.

Genel sistem ile referans eksenini a_s arasındaki ani açı $X(t)$ Şekil 3'e göre aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$\dot{X}(t) = J \ddot{X}(t) + A_0 \quad (17)$$

Genelleştirme yapmak için $X_0 = 0$ kabul edilir..



Şekil 3. Stator ve iki keyfi genel koordinat sistemi

X koordinat sisteminde yerilen keyfi bir uzay vektörü g_x 'nin bir diğer y sistemine dönüşümünü inceleyelim. X orijinal koordinat sisteminde (9) eşitliğine benzer olarak,

$$\dot{g}_x = |\dot{g}_x| \cdot e^{j\delta} \quad (18)$$

yazılabilir. Aynı ifade y koordinat sisteminde de,

$$\dot{g}_y = |\dot{g}_y| \cdot e^{j\epsilon} \quad (19)$$

dir. (19) ifadesi, (18) ifadesine oranlanıp, g_y 'ya göre düzenlenirse,,

$$\dot{g}_y = \dot{g}_x e^{j(\epsilon - \delta)} = \dot{g}_x e^{j(\lambda - \gamma)} \quad (20)$$

bulunur. (20) ifadesi g_x 'ya göre yazılırsa,

$$\dot{g}_y = \dot{g}_x \cdot e^{j(\gamma - \lambda)} \quad (21)$$

bulunur. (24) ve (25) ifadeleri en genel dönüşüm denklemleridir.

Stator koordinat sisteminden keyfi bir sisteme dönüşüm formülü (20) ifadesinde $7=0$ yapılarak sağlanabilir. Bu durumda (20) ifadesi.

$$\dot{g}_x = \dot{g}_x \cdot e^{j\lambda} \quad (22)$$

şeklini alır. Buna göre (13)'nolu eşitlik X genel koordinat sisteminde,

$$\dot{u}_s x = R_s T_s x - K d'P_s x/dt + j \omega x T_s x \quad (23)$$

dir. (20) eşitliğinde $Y=0$ yapılarak,

$$\dot{g}_y = \dot{g}_x - e^{j(\lambda - \gamma)} \quad (24)$$

olur. Buna göre X koordinat sisteminde (14) eşitliği,

$$\dot{u}_r x = R_r T_r x + d T_r x/dt + j(\omega x - \omega) T_r x = 0 \quad (25)$$

olur. Burada,

$$M = d\theta/dt \quad (26)$$

olup, rotor elektriksel açısal hızını gösterir. $T_s x$ ve $T_r x$, X koordinat sisteminde stator ve rotor akılarıdır. (20) eşitliğinde, stator için $7=0$ ve rotor için $7=0$ yazılarak (15) eşitliği yeniden düzenlenirse X koordinat sisteminde stator ve rotor akılarının uzay vektörleri,

$$\begin{aligned} \dot{T}_s x &= L_s \dot{I}_s x + L_m \dot{I}_r x \\ \dot{T}_r x &= U \dot{I}_s x + U_r \dot{I}_r x \end{aligned} \quad (27)$$

şeklinde bulunur. A koordinat sisteminde mıknatıslanma akımı $i_m X$,

$$\dot{i}_m X = \dot{I}_s x + \dot{I}_r x \quad (28)$$

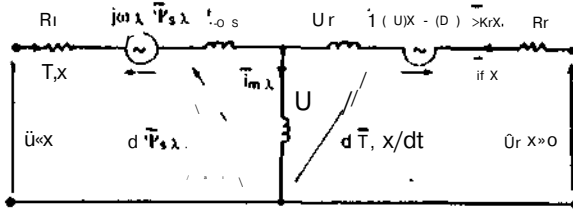
dir. (27) eşitliğinde, (16) ifadeleri yerlerine yazılıp gerekli kısaltmalar yapılırsa,

$$\begin{aligned} T_s x &= U_r \dot{I}_s x + L_m \dot{I}_m x = \dot{T}_{crs} x + \dot{T}_m x \\ \dot{M}_r x &= L_r \dot{T}_r x + L_m \dot{T}_m x = \dot{M}_{os} x + \dot{T}_m x \end{aligned} \quad (29)$$

elde edilir.

3.2. UZAY VEKTÖRLERİ İLE BİR X KOORDİNAT SİSTEMİNDE ASENKRON MOTORUN EŞDEĞER DEVRESİ

(23), (25), (28), (29), eşitliklerinin yardımıyla elde edilen asenkron motorun eşdeğer devresi Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. X koordinat sisteminde uzay fazörleri tarafından tanımlanan k.d. rotorlu asenkron motorun eşdeğer devresi

3.3. MOMENT VE HAREKET DENKLEMLERİ

Asenkron motorun gerilim ve akım vektörleri ile ani güç ifadesi,

$$p(t) = (35) \operatorname{Re} [\dot{U}_s X \cdot \dot{T}_s^* x] (\%) \operatorname{Re} [\dot{U}_r X \cdot \dot{T}_r^* x] \quad (30)$$

dir. (30) eşitliğinde $\dot{u}_s x$ ve $\dot{u}_r x$ değerleri yerine yazılarak elde edilen ani güç ifadesinden, motorda endüklenen momentin ani değeri,

$$m_e(t) = (3/2) p \cdot I_m [T_s^* x \cdot T_s] \quad (31)$$

şeklinde bulunur. Burada p çift kutup sayısını belirtir. Sistemin hareket denklemi,

$$m_e(t) - m_l(t) = (J/p) d w / d t \quad (32)$$

dir. (31) ifadesi (32) de yerine yazılırsa,

$$(J/p) d (0/dt) = (3/2) p \cdot I_m [H_s^* X \cdot j j L_j - m_l(t)] \quad (33)$$

elde edilir. Burada m_l yük momentinin ani değerini gösterir.

4. DURUM EŞİTLİKLERİ İLE MODELİN GÖSTERİLMESİ

Bu modelde asenkron motor, eşdeğer devresindeki iki akım çevrimine karşı gelen iki kompleks değişken (23), (25) ve (21) ifadesinde verilen bir reel

değişkenle tanımlanmıştır. Bu şekilde elde edilen sistemin çözümü bilgisayarla kolaylıkla yapılabilir. Modelin gösterilebilmesi için seçilen durum değişkenleri stator ve rotorun akımlarının uzay vektörleri $\vec{\Psi}_s x$, $\vec{\Psi}_r x$ ve rotorun açısal hızıdır.

Genel koordinat sistemindeki stator ve rotor akımlarının uzay vektörleri,

$$i_x = 1/L_s L_r - L_m^2$$

olmak üzere

$$\begin{aligned} \dot{T}_s X &= L_r \cdot a^v \cdot 7' s X - L_m a \cdot \dot{T}_r X \\ \dot{T}_r X &= L_s \cdot a \cdot T_r' x - L_m a \cdot \dot{M}'_s x \end{aligned} \quad (34)$$

olarak elde edilir. Böylece motorun durum uzay modeli

$$\begin{aligned} d \vec{\Psi}_s x / d t &= - (R_s \alpha L_r + j \omega \lambda) \vec{\Psi}_s x \\ &+ R_s (X L_m \vec{T}_r x + \dot{U}_s X \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d \vec{T}_r x / d t &= R_r a L_m T_s' x \\ &- [R_r \cdot a L_s + j(c \dot{u}_X - \dot{u})] M' r X \end{aligned} \quad (35)$$

$$d \dot{u} / d t = (p/J) [(-3 p L_m \langle \dot{u} \rangle) |_{m} [T_r' x \cdot \dot{M}'_s x 1 - m_l(t)]$$

şeklinde elde edilir. (35) eşitlikleri yardımıyla motor denklemleri herhangi bir koordinat sisteminde ifade edilebilir. Seçilen koordinat sistemini, stator gerilim uzay vektörü ve açısal hızın değerleri tanımlar.

a) Stator doğal koordinat sistemi için,

$$0 X = 0 \quad U_s X = U_s$$

b) Rotor doğal koordinat sistemi için,

$$\dot{u}_X = w \quad u_s x = u_s 0$$

c) Kaynak açısal hızında dönen koordinat sistemi için,

$$\dot{u}_X = 0 \quad u_s x = u_s 0$$

dir. Bu farklı modeller arasındaki seçim problemin amacına göre yapılabilir.

SONUÇ

Uzay vektörleri yardımıyla gerçekleştirilen makina modeli iki kompleks ve bir reel depisken içeren üç diferansiyel denklem vasıtasıyla tanımlanmıştır. Model kısadır ve bir koordinat sisteminde diğerine dönüşüm kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Ayrıca herhangi bir dalga şekliyle üç fazlı bir gerilim kaynağından beslenen asenkron motorda geçici olayların analizine imkan sağlar.

KAYNAKLAR

- [1] P.K. Budig "Drehzahlvariable Drehstromantriebe mit Asynronmotoren" Vde - Verlag gmbh.Berlin Offenback, 1998.
- [2] W. Leonard "Control of Electrical Drives" Springer - verlag, Berlin, Heidelberg, Newk-York, Tokyo 1985.
- [3] İ.Racz "Analysis of three - phase Semiconductor connectrons by park - vektors" 2.IFAC - Syrnposium, Düsseldorf, 1977 pp. 37-44.
- [4] J.M.D. Murphy, f.G. Turnbull "Power electronic Control of AC Motors" Pergaman - Press, 1988.
- [5] P.M. Dalton, V.j. Gosbell, Flux Tracking in Inductron Maschines by Means of Volt-Ampere Quantities IEEE Trans. Ind App. Vol 26. Nor1 Jan/Feb. 1990. pp. 137-142.



Ramazan AKKAYA; 1963 yılında Ak-sarayda doğdu. 1986 yılında lisans ve 1988 de Yüksek Lisans eğitimini Yıldız Üniversitesi Elektrik Mühendisliği bölümünde tamamladı. Aynı üniversitede 1987 yılında araştırma görevlisi olarak çalışmaya ve 1989da Güç Elektroniği dalında Doktora eğitimine başladı.

Halen, görevine ve doktora tez çalışmasına devam etmekte olup, evli ve bir çocuk babasıdır.



M.Hadi SARUL, 1956 yılında Doğanıurt'ta doğdu. 1979 yılında Lisans, 1981 yılında Lisansüstü eğitimini İ.D.M.M.A. Elektrik Mühendisliği Bölümünde tamamladı ve asistan olarak çalışmaya başladı. 1993 yılında Y.T.Ü. Elektrik Müh. Bölümü, Elektrik makinaları ana bilim dalında öğretim görevliliğine yükseltildi ve aynı yıl Doktora çalışmasını tamamladı. Halen görevine devam etmekte olup evli ve bir çocuk babasıdır.

DOĞRU AKIM MAKİNASI YÜKLÜ ÜÇ FAZLI DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİN PSpice KULLANILARAK İNCELENMESİ

Asım KASAPÖLÜ

Erkan MEŞE

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ELEKTİRÖC-ELEKTRONİK FAKÜLTESİ
ELEKTRİK MÜH. BÖL. 80750 Yıldırım BEŞİK TAŞ İSTANBUL

ÖZET

Üç fazlı doğru] t ucu sistemi, 10 HPden birkaç 100 HPye kadar, D.A motorunun hız ayarında çokça kullanılır. Çelik endüstrisi gibi dört bölgede de çalışma gerektiren uygulamalarda, her iki yönde endüvi akımını akıtabilen çift yönlü dönüştürücüler kullanılır.

Yan kontrollü devre, sürekli alaman meydana getirilmesinde yardımcı olan, serbest geçiş diyodu bulundurur. Yan kontrollü devre; tam kontrollüye göre yük gerilimi yönünden daha fazla dalgalanmaya sahiptir ve, hat akımları simetrik olmadığından, çift harmonikleri de bulundurur.

Bu çalışmada; ortaya konan bilgiler, seçilen serbest uyarmalı bir doğru alam motorunun, üç fazlı yan kontrollü ve tam kontrollü köprü tipi dönüştürücüler üzerinden beslenmesinde, PSpice kullanılarak ispatlanmaktadır.

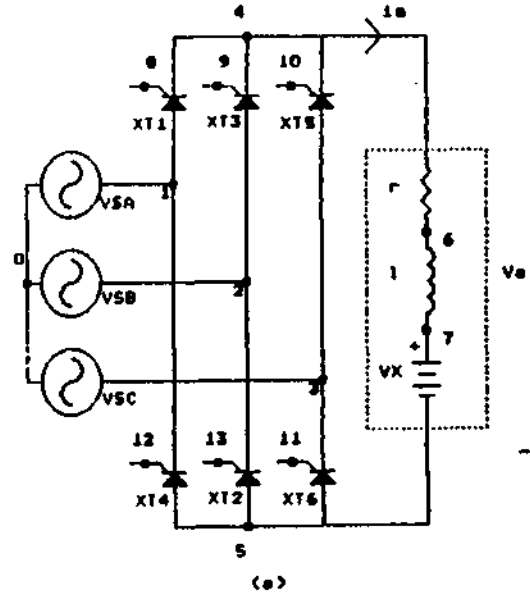
I.ÖİRİŞ

Doğru alam motor kontrol sistemlerinin en çok kullanılanı üç fâzlı köprü tipi devrelerdir [2]. Bu devrelerden 6 tristöürün kullanıldığı tam kontrollü doğrultma devresi Şekil 1.a'da, üç tristöür ve üç diyotlu yan kontrollü devreye serbest geçiş diyodu ilavesiyle V-I diyagramının sadece 1. bölgede çalışabildiği devre ine Şekil 1.b'de verilmiştir. Gerektiğinde motor uç geriliminin kaynak gerilimi ile uyuşması bakımından A /A grubundan bir transformatör bağlanabilir.

990

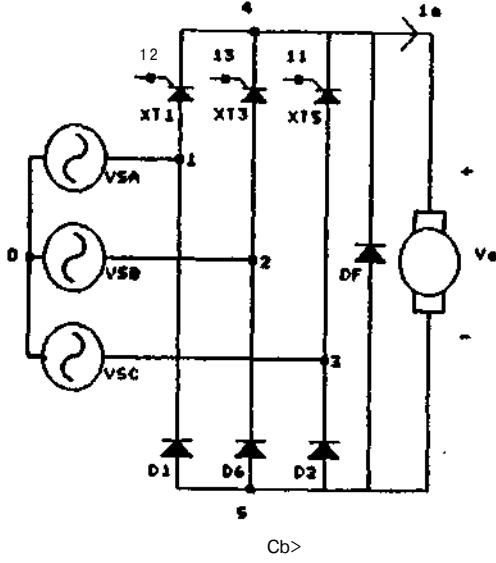
A-TRİSTÖR PSpice MODELİ

- Tristöür modelinin kullanışlı olması için;
- Tristöürün, küçük bir kapı gerilimi ve pozitif anot-katod geriliminde iletme geçmesi,
 - Tristöürün anot akımının, tutma değerinin üstünde kaldığı sürece iletimde kalması,
 - Tristöürün, anot akımının tersine dönerken kesime geçmesi beklenir.

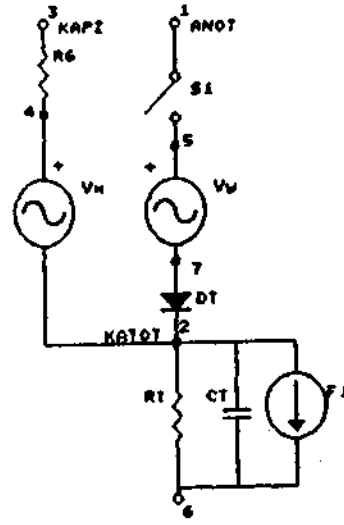


ŞEKİL 1.-> TAM KONTROLLÜ ÜÇ FAZLI KÖPRÜ
TİPİ DOĞRULTMA DEVRESİ

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ



ŞEKİL 1.b-SERBEST EÇİŞ OYIYOTLU.
YARI KONTROLLÜ. ÜÇ FBZLİ
KOPRU TİPİ DOGRULTUCU



ŞEKİL 2-TRİSTÖR HOEELI DEVRE ŞEMASI

B - TRİSTÖRLERİN VE DİYOTLARIN BELİRLENMESİ

Bu şartları yerine getiren triyör modelinin şeması Şekil 2'de ve alt devre tamında Şekil 3.a'da verilmiştir.

Bu modelde, $F1 = P1 \cdot I(V_{xy}) \cdot P2 \cdot I(V_y)$ 'dir, triyörü iletime ve kesime geçirmek için kullanılan bağımlı akım kaynağıdır. Üetime geçme esnasında $I(V_x)$ kapı akımı, alam kaynağına fiyümete geçerir. R_T ve C_T uçlarında hızlı bir gerilim yükselmesi sağlar. Bu gerilim artarken, (anot - katot gerilimi pozitif olmak şartı ile), $I(V_y)$ anot akımı artmaya başlar. Bu da $F1$ bağımlı akım kaynağının değerini artırır ve böylece $S1$ anahtarının direncini hızlı bir şekilde ROFFdan RON değerine azaltan bir regeneratif faaliyet sürer. Bunun sonucunda $S1$ anahtarı kapanır. Triyör, iletime geçtikten sonra kapı darbesi $V_{fi} \cdot I(V_{xy}) \cdot I(V_y)$, $F1$ ioidesindeki $P2 \cdot I(V_y)$ terimi sebebiyle iletimde kalmaya devam eder.

Kesime geçme olayı esnasında, kapasite R_T ve $F1$ 'den geçerek boşalır. Kapasite gerilimi $1 V_{un}$ altına düştüğünde $S1$ anahtarının direnci tuzla RON'dan ROFFa artar. Modelde Anot-Katoduçları arasında bağılı bulunan DT diyodu iletime geçme olayı esnasında alaman tek yönlü $S1$ güvenli lalar. Akım kaynağı için $P1-50 P2-11$ seçilmiştir.

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

Burada seçilen D.A motorunun sürülmesi ile ilgili olarak yapılan örnekte, SIEMENS BSTFO U96 tipi triyörler, MDA3508 tipi diyolar seçilmiştir. Bu güç elemanlarına ait katalog verileri ve hesaplanan model parametreleri aşağıda verilmiştir.

Diyot

Katalog verileri

$I_{or} = 35A$

$V_{RRM} = 800V$

$I_{FSM} = 400A$

Max. Sıcaklık = 175°C

Model Parametreleri

IS-2.2E-15 K

BV=800V

TT-0

Triyör

Katalog verileri

IH-120mA(25°C)

-70 mA(110°C)

ITAVi30A

$t_q = 25 \mu s$ (k) g_e ni 100V)

IDRM-4mA

VDRM=700V
 VTM-1.3 V (110°C ve rr-25A)
 ITM=25A
 IGmin=100mA (2V. 0-, ->25°C)
 =50mA(1.5V, e, +100°C)

Model Parametreleri

RON=0.052 -TL
 ROFF=175K JTL.
 VON=0.7V
 VOFF=OV
 RO=20.n.
 RT-1 jn.
 CT=10uF
 DT(IS~2.2E-15A BV=800V TT=O)
 Fİ (P1=50 P2=11)

II. OÇ FAZLI TAM KONTROLLÜ DOĞRULTUCU İLE D.A MOTORUNUN SÜRÜLMESİ

Şekil 1. l'a dakı devrede tristörler numaralandırıldıkları sırada ilettime geçirilirler. Her hangi bir anda, iki tristör iletimde bulunur. Örneğin VAB pozitif değerde iken XT1 ve XT6 tristörleri iletimde ve VAB negatifdeğerde iken XT3 ve XT4 tristörleri iletindedir. Her bir tristörün tetiklenmesi bir yük alanı darbesini bağlatır. Bu yüzden, bu bir altı darbeleri doğrultucudur.

230 V. 15BO, 850 d/d, endüvi direnci Ra-O.284.n-, endüvi selfi La-4.4 mH, uyarma sargısı gücü 220 Watt olan bir motor seçilmiştir. Şebeke ise faz arası 220 V ve 50Hz'dir.

Bütün çalışma durumları için, uyarma ~~örneği~~, nominal çalışma değerinde ve sabit kaldığı, ayrıca motor zıt e.mk. (Vx)'nin de zamanla değişmediği kabul edilmiştir.

<x(t) - 6550 us ve Vx - 130 V seçildiği sürekli alamlı çalışmaya ait PSpice programı ve dalga şekilleri Şekil 3.a ve b'de verilmiştir.

ot(t)-11666 us (150°). Vx--280 V alındığı regeneratif çalışmaya ait PSpice programı; Şekil 3-a'daki programda, Vx- -280 V ve tristör tetikleme darbelerini 6666.6 us (120*) kadar öteleyip darbe sürelerini 6000 us olarak yazıldığında elde edilen dalga şekilleri de Şekil 4'de verilmiştir. Bu çalışma durumunda Va motor uç geriliminin negatif değerler aldığına, fakat endüvi nVrmmn tabii olarak pozitif değerler aldığına dikkat edilmelidir.

992

```
PONER79
VSA 1 0 SIN (0 179.7 50HZ 0 0 -J0deg)
V5B 2 0 SIN 10 179.7 50HZ 0 0 -150DES)
V5C 3 0 SIN 10 179.7 50HZ 0 0 -270DEG1
IT1 M 8 4 SCR
>T2 5 3 113 SCR
ITJ 2 4 9 4 SCR
IT4 5 112 1 SCR
>I5 J 4 14 4 SCR
IT6 5 2 13 2 SCFt
VG1 6 4 pul« (0 5v iJ5Ou In In 11000u 20000u)
VG2 11 3 PULSE (0 5» 9883.33u In In 11000U 20000u!
VB3 9 4 PULSE 10 5v 13216.66u In In 11000U 20000u!
VG4 12 1 PULSE (0 5v 16550u In In 11000U 20000u)
VG5 10 4 PULSE 10 5» 196B3.33u In In 11000U 20000u)
VG6 13 2 PULSE (0 5v 3216.66u In In 11000U 20000u)
r 4 6 .284
1 6 7 4.4»
vx 7 5 de 130
```

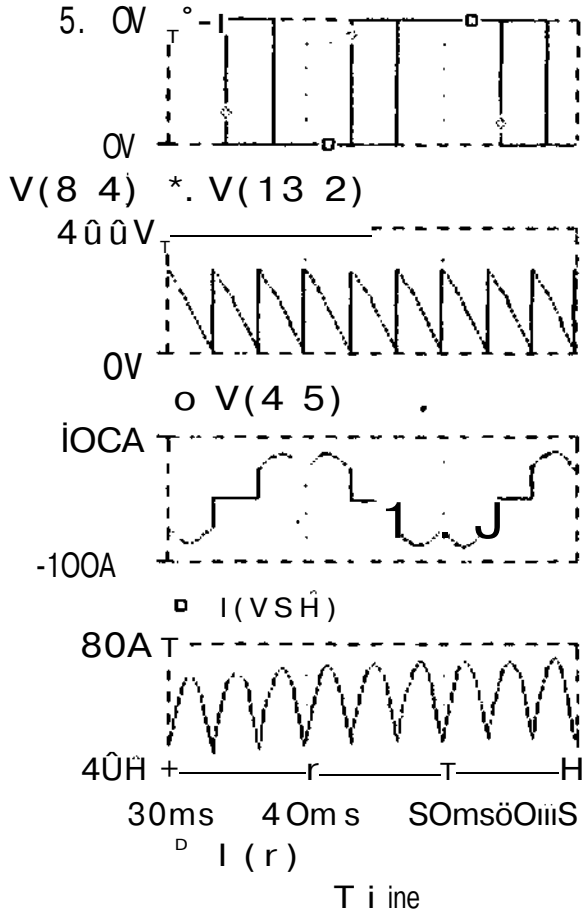
```
• Subcircuit for ç»itehed thyristor »odel
.SUBCKT SCR 1 2 3 2
• »odel önode calhode •control -control
o nste voltage voltage
SI 1 6 2 SMOD ; S»üch
RG 3 4 20
VI 4 2 DC OV
W 5 7 DC OV
DT 7 2 DEIOD ; S»üch diode
ftî 6 2 1
CI k 2 10
Fİ 2 6 FOLYI2) VI VY 0 50 11
.MODEL SMOD VSNITCH (RON=0.052
•ROFFM7!§ VQN=0.7V VOFF=0VI
.MODEL DMOD D(IS=2.2E-15
•BV=BOÜV TT=01 ; Diode idodel parateters
.ENDS SCR ; Ends subcircuit de(inition
.trjn/op 1.0001 .06 0 0 uic ; >ipsp<
.FOUR 50HZ I(VSA) Itr)
.PROBE ; Graphics post-processor
.options abstol = 1.0u reltol = .01
•vntol = 0.01
.MODEL DhOD D(IS=2.2E-15 BV=800v Tİ=0)
.END
```

SEİ;İL 3.A-ŞEKİL 1.A'DEKİ SEF.AYA AİT «x(t)= 6550 jus VE V«M30V İÇİN DEVRE PSÜBRAHI

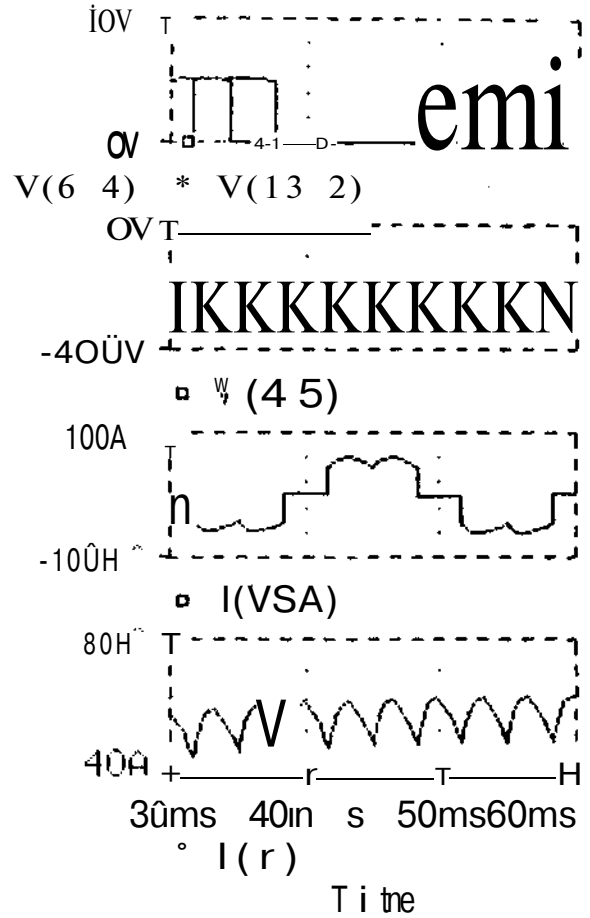
III. ÜÇ FAZLI YARI KONTROLLÜ DOÖRULTUCU İLE D.A MOTORUNUN SÜRÜLMESİ

Şekil 1 .a'da verilen tam kontrollü doğrultma deviesirjdeXT1,XT3,XT5tristorfieriyanine, Dİ, D3.D5 diyotlanmn ve ayrıca DF serbest geçiş diyodunun bağlanmasıyla yan kontrollü doğrultma devresi elde edilir. (Şekil 1.b)

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ



ŞEKİL 3. B-SEÇİL İ. JI'DAKİ SENAYA AİT « » = 6550 µs VE V(M30V İÇİN DALGA ŞEKİLLERİ

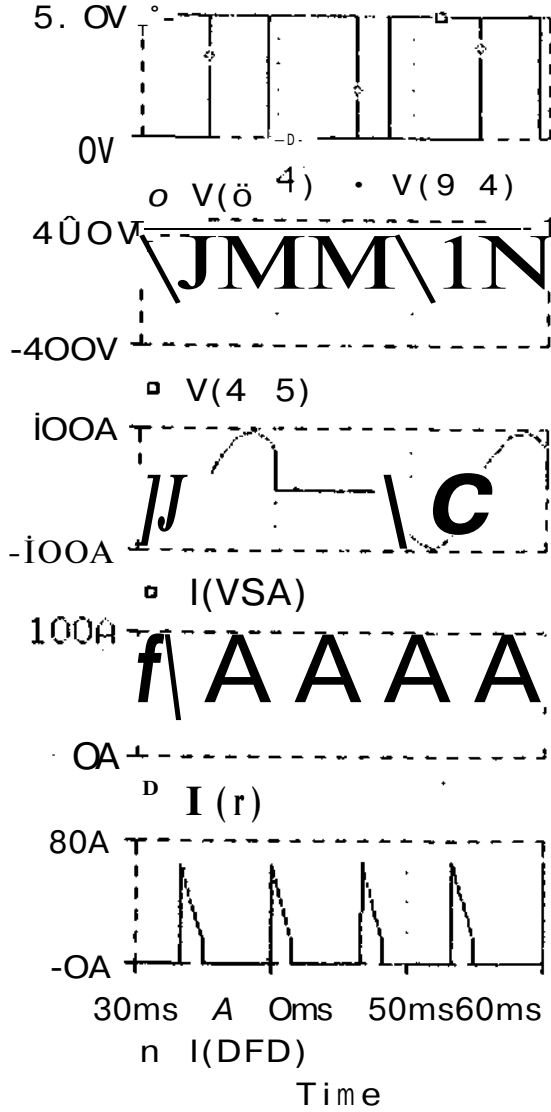


ŞEKİL 4-ŞEKİL İ.A.'DAKİ DEVREYE AİT «*It)»M446 µs(150°) Vx=-260V İÇİN DALGA ŞEKİLLERİ

SONUÇLAR

Seçilen motor, tristörlere ve diyotların ait parametreler H bölümdeki seçilenler ile aynıdır. Tam kontrollü doğrultucu ile yarı kontrollü doğrultucunun şebekeden çektiği akımların karşılaştırılması amacıyla, yarı kontrollü doğrultucuda teklem darbelerinin gecikme açısını, DA motorunun tam kontrolü doğrultucu ile sürülmesi halinde verdiği ΔI güce eşit $f_{s} \cdot \Delta I$ yani $\Delta I(t) = 8208 \mu s$ • eçüştür (Şekil 5). Aynı beriki durumda da motorların aynı devir sayısında döndükleri ($V_x = 130 V$) kabul edilmiştir.

Şekil 1 b ve Şekil 1a ile yarı kontrollü ve tam kontrollü devrelerin; $I_r(d.c.) \cdot V_x = 64.9 \cdot 130 = 8437 Whk$ aynı çıkış gücü ve aynı motor devir sayısıyla çalışmaları «it hat abını G(VSA)» ve endüvi akımı (I(r)) Fourier analiz sonuçları, Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir. Hat alfirm toplam harmonik distorsiyonu yönünden, yarı kontrollü devrenin çok daha kötü olduğu görülmüştür. Endüvi akımı harmoniklerine bakılacak olursa, tam kontrollü de sadece 6. harmonik alımı 10.72 A ile $f_r < \omega t$ gösterirken, yarı kontrollü de 3. JS.



ŞEKİL 5-ŞEKİL 1.B'DEKİ DEVREYE AİT $x(t) = 8208$ İS VE $V_i = 130V$ İÇİN DALGA ŞEKİLLERİ.

FOURIER COMPONENTS OF TRANSIENT RESPONSE I(r)

DC COMPONENT = 6.499179E+01

| HARMONIC NO | FREQUENCY (HZ) | FOURIER COEFFICIENT | NORMALIZED COMPONENT |
|-------------|----------------|---------------------|----------------------|
| 1 | 5.000E+01 | 6.684E-01 | 1.000E+00 |
| 2 | 1.000E+02 | 3.423E-01 | 5.973E-01 |
| 3 | 1.500E+02 | 2.341E-01 | 3.490E-01 |
| 4 | 2.000E+02 | 1.813E-01 | 2.733E-01 |
| 5 | 2.500E+02 | 1.218E-01 | 1.770E-01 |
| 6 | 3.000E+02 | 1.072E+01 | 1.555E+01 |
| 7 | 3.500E+02 | 1.150E-01 | 1.471E-01 |
| 8 | 4.000E+02 | 1.402E-02 | 1.221E-01 |
| 9 | 4.500E+02 | 7.856E-02 | 1.141E-01 |

TOTAL HARMONIC DISTORTION * 1.55912E+01 PERCENT

FOURIER COMPONENTS OF TRANSIENT RESPONSE KVSA)

DC COMPONENT = 3.64fc13!E-01

| HARMONIC NO | FREQUENCY (HZ) | FOURIER COEFFICIENT | NORMALIZED COMPONENT |
|-------------|----------------|---------------------|----------------------|
| 1 | 5.000E+01 | 7.184E+01 | 1.000E+00 |
| 2 | 1.000E+02 | 7.706E-01 | 1.073E-02 |
| 3 | 1.500E+02 | 4.237E-01 | 5.898E-03 |
| 4 | 2.000E+02 | 5.386E-01 | 7.496E-03 |
| 5 | 2.500E+02 | 2.002E+01 | 2.787E-01 |
| 6 | 3.000E+02 | 9.953E-01 | 1.355E-02 |
| 7 | 3.500E+02 | 3.941E+00 | 5.514E-02 |
| 8 | 4.000E+02 | 4.781E-01 | 4.454E-03 |
| 9 | 4.500E+02 | 3.371E-01 | 4.492E-03 |

TOTAL HARMONIC DISTORTION = 2.84901E+01 PERCENT

ŞEKİL 4-ŞEKİL 3.B'DEKİ DALGA ŞEKİLLERİNDEN U_r VE $KVSA$) İÇİN FOURIER ANALİZİ ÇIKIŞLARI

FOURIER COMPONENTS OF TRANSIENT RESPONSE K r)

K COMPONENT = 6.499113E+01

| HARMONIC NO | FREQUENCY (Hz) | FDIFFER COMPONENT | NORMALIZED COMPONENT |
|-------------|----------------|-------------------|----------------------|
| 1 | 5.00E+01 | 3.093E-01 | 1.00E+00 |
| 2 | 1.00E+02 | 1.753E-02 | 5.467E-02 |
| 3 | 1.50E+02 | 3.425E+01 | 1.157E+02 |
| 4 | 2.00E+02 | 1.140E-01 | 3.484E-01 |
| 5 | 2.50E+02 | 5.159E-02 | 1.46E-01 |
| 6 | 3.00E+02 | 4.572E+00 | 2.125E+01 |
| 7 | 3.50E+02 | 5.161E-02 | 1.733E-01 |
| 8 | 4.00E+02 | 5.657E-02 | 1.829E-01 |
| 9 | 4.50E+02 | 2.191E+00 | 7.0E-05 |

TOTAL HARMONIC DISTORTION = 1.1274E+04 PERCENT

FOURIER COMPONENTS OF TRANSIENT RESPONSE IIVSAI

DC COMPONENT = -5.753353E-01

| HARMONIC NO | FREQUENCY (KHz) | DIFFER COMPONENT | NORMALIZED COMPONENT |
|-------------|-----------------|------------------|----------------------|
| 1 | 5.00E+01 | 5.11E+01 | 1.00E+00 |
| 2 | 1.00E+02 | 4.563E+00 | 7.764E-02 |
| 3 | 1.50E+02 | 5.13E-01 | 1.431E-02 |
| 4 | 2.00E+02 | 1.095E+01 | 1.14E-01 |
| 5 | 2.50E+02 | 6.067E+00 | 1.075E-01 |
| 6 | 3.00E+02 | 7.13E-01 | 1.293E-02 |
| 7 | 3.50E+02 | 7.113E+00 | 1.211E-01 |
| 8 | 4.00E+02 | 4.442E+00 | 7.573E-02 |
| 9 | 4.50E+02 | 8.47E+01 | 1.509E-02 |

TOTAL HARMONIC DISTORTION = 6.201371E+01 PERCENT

ŞEKİL 7-ŞEİL 5/İEKİ DALGA ŞEKİLLERİNİN K r) Vİ KVSA) İÇİN FOURIER Mbi'Ü ÇIŞIAR!

ve 9. harmonik akımlar; 34.25 A, 6.572 A ve 2.191 A'dır. Fakat, yan kontrollü doğrultucu ile beslenen motorun serbest geçiş diyodu sebebiyle, birinci bölgenin daha geni; bir alanında, endüvi **alınımı** kesintisiz çalışması yan kontrollü devrenin bir üstünlüğü olarak sayılabilir.

KAYNAKLAR

- (1) P.W.TUINENOA, SPICE:AGuide To Circuit Simulation and Analysis Using PSpice, 1992
- (2) SB. DEWAN, G.R.SLEMON and A.STRAUGHEN, Power Semiconductor Drives JULY1984
- (3) L.J. OIACOLATTO ."Simple SCR and TRIAC PSpice Computer ModelsMEEE Traoa. İnd. Elecbox>n,Vol.36, No 3, August 1989
- (4) V.AGRAWALAJCAGRAWALand K.KANT"ASTudyofSingle-PhasetoThree-Phase Cycloconverter Using PSpice" EEEE Trans.Ind. Hectron ,Vol. 39^lo 2^\\pril 1992
- (5) JJCEOVN, "PSpice and Circuit Analysis" 1991

Yazarlar:



KASAPOĞLU Asım, 1947 yılında Cula'da doğdu. 1972 yılında LT.O. Elektrik Fak/den mezun oldu. 1984'de Doktor Mühendis, 1988'te Ektknk Mak. Ana Bilim Dalı Doçenti unvanım aldı.Halen Y.T. Elektrik Elektronik Fak'de görev yapmaktadır.



MEŞE Erkan, 1969 yılında İzmir'de doğdu. 1990 yılında İ.T.O. Elektrik Elektronik Müh. Bölümünden mezun oldu. 1993 yılında İ.T.O Fen Bilimleri Ens.' ünden Elektrik Yük. Müh. unvanını aldı. Halen Y.T.O. Elektrik Müh. Bölümünde Arş.Gör. olarak görev yapmaktadır.

AHMET ÜLKÜTAŞ

PETKİM ALIĞA PETROKİMYA KOMPLEKSİ

Üretim yapan her birimde, elektrik motorları üretimin temel şartlarından birini oluşturmaktadır.

Üretim için bu kadar önemli olan elektrik motorlarının beklenmedik duruşlarının önlenmesi, ancak gerekli bakımının zamanında ve düzenli olarak yapılması ile mümkündür, zira de, büyük bir sanayi kuruluşunda (PETKİM) bakım uygulamalarından bahsedilecektir. Konu için bazı olarak, yaygın uygulaması nedeni ile asenkron motorlar alınacaktır.

I. GİRİŞ

Elektrik motorlarında, ya da daha genel olarak tüm ekipmanlarda bakım olayını 3 grupta toplamak olasıdır.

- Arıza bakımı
- Periyodik bakım
- Kestirimci ve koruyucu (Predictive/preventive) bakım

2. ARI 7A BAKIM

İsminden de anlaşılacağı gibi bir arıza olduktan sonra yapılan bakımdır.

Arıza elektrik motorunun kendisinin de veya tahrik ettiği ekipmanda (kompresör; pompa vs) olabilir.

İşletmeye en pahalıya mal olan bir bakımdır.

3. PERİYODİK BAKIM

Üretim tesisinde bulunan bütün motorlara, belirli zaman aralıklarında yapılan bakımdır. Rulmanların yağlanması, motor yüzeylerinin temizlenmesi, klemenslerde gevşeklik olup olmadığının kontrolü bu tip bakımın içindedir.

4. KESTİRİMCİ VE KORUYUCU BAKIM

4.1. Kestirimci bakım ve çağdaş teknolojilerin, mikro işlemci ve bilgisayarların bakım hizmetlerine uyarlanması ekipman hasarları ve üretim kayıplarını en aza indirmekte büyük bir etken olmaktadır.

Bu amaçla kullanılan cihazlardan bazıları şunlardır.

4.1.1. Makina analizörü :

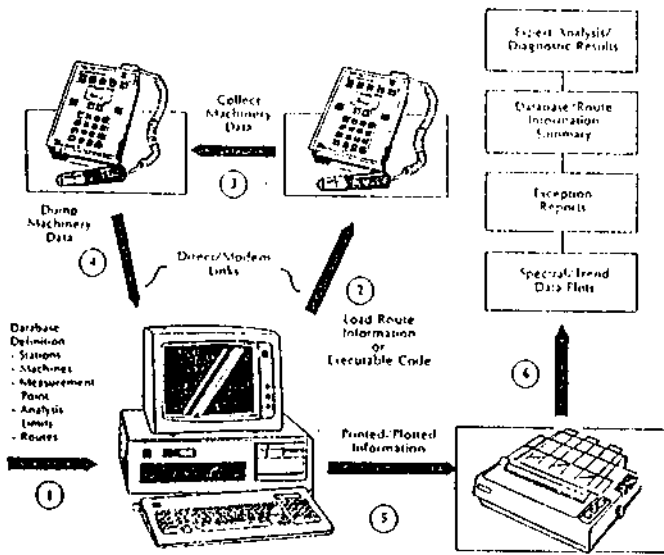
Makina analizörü teknolojisinin hızla gelişmesi, motorlarda arıza gelişim seyrini takip etme imkanını bizlere sağlamıştır. Bu cihazın hafızasına elektrik motorunun elektrik ve mekanik karakteristikleri

üretim esnasında herhangi bir ke-sinti olmadan motorun arıza geli-şim seyri takip edilebilmektedir. Makinanın sağladığı bu imkanla üre-timi aksatmadan herhangi bir duruş anında motorda yapılması gereken bakım yapılır. Makina annlizörü motorlarda yatak problemlerini, rul-man problemlerini balanssızlık olup olmadığını ve rotor sincap kafes çubuklarında çatlak, kırık varsa sayısını vermektedir.

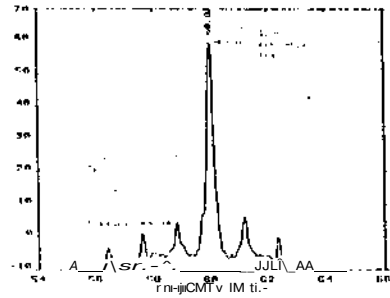
Annlizör tek başına kullanılabil-diği gibi, sahadan aldığı bilgiler bil-gisayara da yüklenebilir. Bu bilgi-ler doğrudan doğruya bilgisayar ve modem hatları ile bilgisayarlar arası kullanılabilir.

Resim 1'deki şemada bilgi akışı gösterilmektedir.

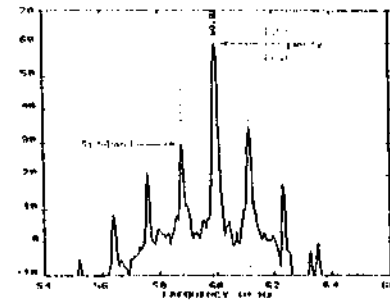
Resim 2'de ise yük altında çalışan iyi ve kötü durumlu iki ayrı moto-run akım spektrumu görülmektedir.



Resim 1



Current spectrum of a good rotor under load.

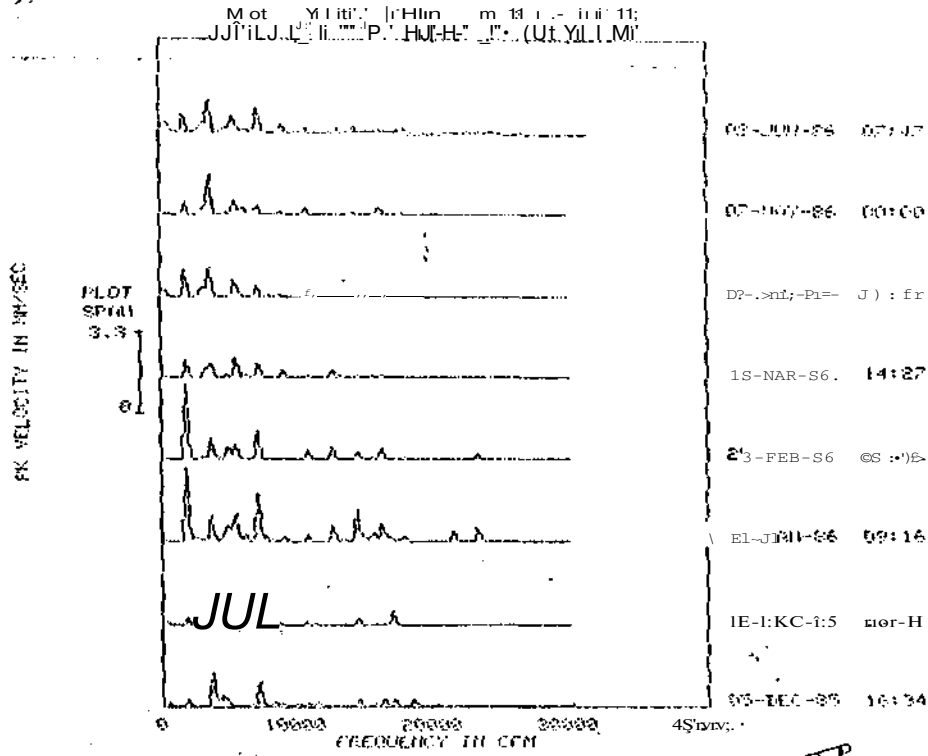


Current spectrum of a bad rotor under load.

Resim 2

Makina analizörü ile. yapılan feir yatak arızası tespitinde arızanın

gelişimi ve tamiri Resim 3'teki grafikten izlenebilir.

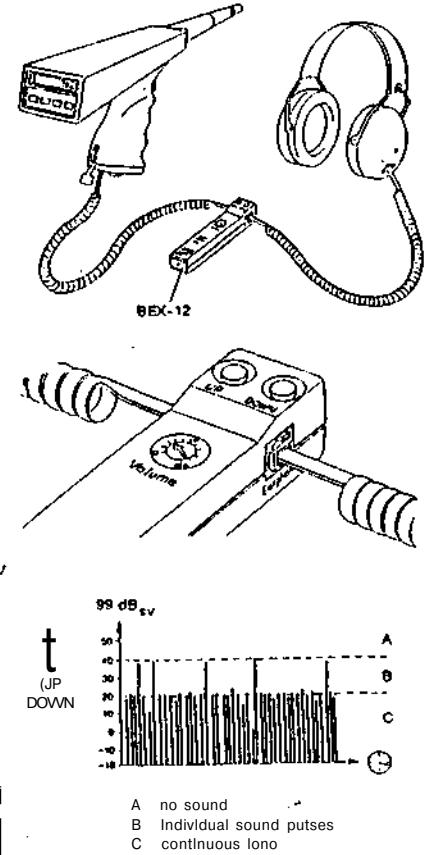


Resim 3

A.1.2. Rulman Analizörü *

Elektrik motorlarında en çok raslanan arıza rulman arızasıdır. Bu cihaz çalışan bir motorun rulmanının durumu hakkında bize bilgi vermektedir.

Cihaz, rulmanın yağ film kalınlığını rulmanın kuru çalışıp çalışmadığını ve rulmandaki hasar seviyesini belirtmektedir. Rulmanlara göre programlanmış ufak bir bilgisayar olan analizör, ekranında rulman hakkındaki bilgileri gösterdiği gibi, kulaklığı vasıtası ile vibrasyon seviyesini dinleme imkanı da vermektedir. Resim A Rulman analizörünü göstermektedir.

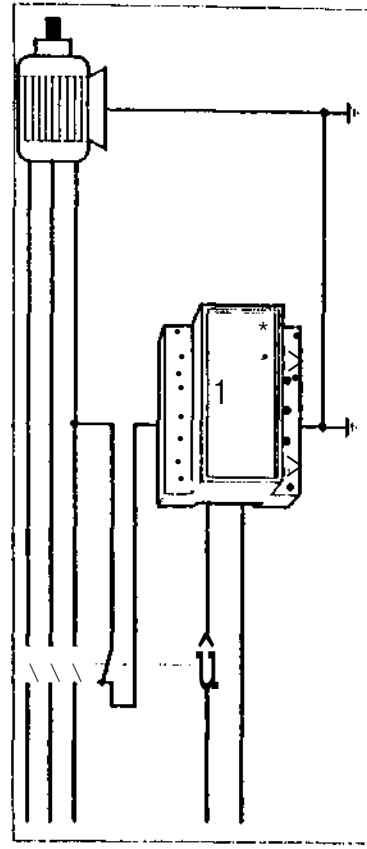


Resim A

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

4.1.3. İzolasyon Takip Cihazı

Önemli olan, alçak gerilim motorlarının izolasyon seviyesini takip ederek, bu değer 0,5 M. olun değerine düştüğü zaman motorun start almasını önleyen cihazlar kullanılmaktadır. Bu cihaz 1 M.ohm değerinde ikaz vererek, bakımçı personeli uyarmaktadır. (Resim 5)



Resim 5

4.2. Koruyucu Bakım :

Koruyucu bakım öncelikle sahada bulunan " motorların e. lektriki ve mekaniki bütün değerlerinin tümünün derlenip toplanması ile başlar. Bu bakımın amacı motorun arıza yapacağı nedenleri ortadan kaldırmaktır.

Bir motora uygulanacak olan koruyucu bakımı şu başlıklar altında toplıyabiliriz.

4.2.1. Motorun çalıştığı sahanın özelliğine göre zaman zaman yüzey temizliği yapılmalıdır. Mesela, tuz sahasında çalışan bir motorun yüzeyi korozyona açıktır. Kısa peryodlarla motorun yüzeyi temizlenmelidir.

Temizlendikten sonra motorun boyasını ve yüzeyini hertürlü korozif maddelere karşı koruyan özel koruyucu siirülmelidir. Motorun soğutma kanallarının temizlik esnasında açık olması bilhassa sağlanmalıdır.

4.2.2. Motor yataklarına kataloglarında belirtilen miktarda ve belirtilen zamanda yağ basılmalıdır.

4.2.3. Zaman zaman duruşlarda motorun klemens kutusu açılarak gevşeklik olup olmadığı kontrol edilmelidir.

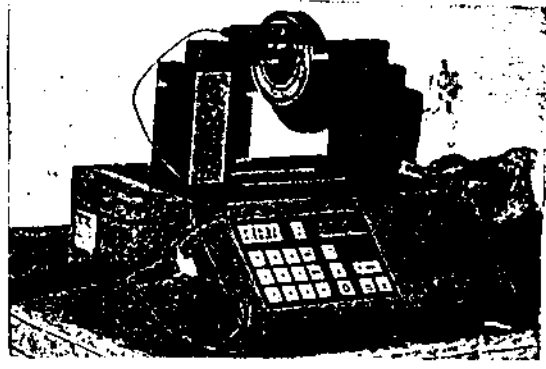
4.2.4. Paslanma görüldüğü zaman derhal önlem alınmalıdır.

4.2.5. Motorlarda ısınma seyri düzenli, olarak kontrol edilmelidir.

4.2.6. Motoru koruyan koruma rölelerini set değerlerinin doğru olup olmadığı kontrol edilmelidir.

4.2.7. Arıza yapan motorların arıza nedenleri araştırılmalıdır. Yeniden sarılacak motorun, sarımında kullanılacak malzemeler orjinal motora uygun olmalıdır. Arıza yapan her motorun arıza kayıt raporları tutulmalıdır.

4.2.8. Motorlarda en çok arıza kaynağı olan rulmanlar monte edilirken çok dikkatli olunmalıdır. Piyasada rulman yağ içinde ısıtılarak mile takılmaktadır. Isıtılan yağ çevreye zehirli, duman yaydığı gibi aynı zamanda yağın içinde bulunan toz, toprak gibi maddeleride rulmanın içine bırakılmaktadır. Bunlarda rulmanın kısa sürede arızalanmasına neden olmaktadır. Buna engel olmak için, en iyi ısıtma, indüksiyonlu ısıtıcılarla yapılmaktadır. Bu cihazların kullanılması hem zaman tasarrufu sağlamakta, hemde kontrollü bir ısıtmaya imkan vermektedir. İndüksiyonlu ısıtıcılar, rulman yanında, kaplin, ringlerin ısıtılmasında kullanılır. Cihazın bir özelliğide ısınan parçayı ısıtma işlemi sonunda demagne-tize etmesidir. (Resim 6)



Resim 6

4.2.9. Y.G. motorları genelde motor durduğu an çalışmaya başlayan ısıtıcılara sahiptir. Bu ısıtıcıların bakım zamanında kontrol edilmesi gereklidir. Bakıma gelen Y.G. motorlarının temizliğinin yanında rotoğunda balanssızlık olup olmadığına da bakılmalıdır. Sargıların elektrik karakteristikleri test edilerek kayıt edilmelidir. Bu değerler bir sonraki bakımda motordaki elektriki değerlerdeki değişmelerin mukayesesi sağlar. Y.G. motorlarının sargılarında yapılabilecek her türlü işlem tamamen özel malzeme ve işçilik gerektirmektedir. Memleketimiz de Y.G. motorlarının tamiri yakın zamana kadar bir kaç firma tarafından yapılabilmekteydi. Bugün bir hayli firma bu işi daha kısa sürede yapabilmektedir.

4.3. MOTOR BAKIMINDA KULLANILAN KİMYASALLAR

Koruyucu bakımın içinde motor temizliğinden bahsederken son bir kaç yılda piyasada kullanılan kimyasal temizlik ve koruyucu malzemelerden bahsedilecektir.

Elektrik motorlarında bu malzemeler aşağıda sıralanan işlerde kolayca kullanılmaktadır.

4.3.1. Elektrik motorlarında paslanmadan dolayı motorda bulunan civataların sökülmesinin demontaj anında ne kadar güçlük çıkardığı hepimizce malumdur. Piyasada bu söküm işine yardımcı olan pas çözücüler mevcuttur. Son zamanlarda üretilen bazı malzemeler pası gevşetmenin yanında, civantaları bir dahaki demontajda kolayca sökebilmek için ince bir koruyucu filim tabakası ile kaplanmaktadır. Püskürtme tipi pas çözücülerin yanında, paslı malzemeleri bir müddet içinde bekleterek iyi bir temizlik sağlayan sıvılarda mevcuttur. Ambar şartlarında malzemeleri pas ve korpzyondan koruyan, depolama ömrünü artıran kimyasal koruyucular mevcuttur. Dış atmosfer şartlarında rutubete ve oksidasyona karşı dış metal yüzeyleri dört mevsim hava şartlarında, hatta tuzlu

sulu ortamlarda koruma sağlayan kimyasallar bulunmaktadır.

4.3.2. Y.G. ve A.G motorlarının stator sargılarının bazan presle kaplandığını görürüz. Bu yağların kolayca temizlenmesini sağlayan kimyasal çözücüler mevcuttur. Bunlar, iyi temizlik sağlamanın yanında zamandan da tasarruf sağlamaktadır..

4.3.3. Çalışan elektrik motorlarının gerilim altında kollektör temizliğini,, sargı temizliğini," fırça ve diğer aksamalarının temizliğini, sağlayan kimyasal temizleyiciler mevcuttur.

4.3.4. Rutubetli ortamlarda, sargıların nem almasını önleyen>hatta içine su girmiş veya rutubetten hasar görmüş motorların yeniden kullanılabilir hale gelmesini sağlayan kimyasallar kullanılmaktadır.

SONUÇ :

Çeşitli tip ve özellikte motorlar mevcuttur. Bu bildiriyle genel olarak alternatif akım sincap kafesli motorların sanayide çok kullanılması sebebi ile yazı da bu motorlar baz alındı. Bildirinin amacı kongremizde bu konularla ilgili olan arkadaşların bir araya gelerek aralarında bilgi transferi yapmalarını sağlamaktır.



REFERANSLAR :

- 4.1.1. CSI Model 2100
Maclinery analyzer
- 4.1.2. SPM Bearing Analyzer BEA-52
- 4.1.3. Merlin Gerin
- 4.3. Certified Laboratories

YAZAR HAKKINDA BİLGİ

1954 UŞAK doğumluyum. 1979 Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Fakültesi mezunuyum.
SET Limited Şirketi İSTANBUL
F.NİES A.Ş. ve Son on yıldır
PF.TKİH A.Ş. Merkez Bakım Atölyesinde çalışmaktayım.