



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 ilkesel 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 ilkesel 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 metninin 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 gerçekleşmiş 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 (K1U)
Yakup AYDIN (EMO) Sefa AKPINAR (KTU)
Canan TOKER (ODTÜ) Kaya DOZOKLAR (EMO)
Hasan ÜINCER (KTU) A.Oğuz SOYSAL (IU)
Abdullah SEZGİN (KTU) İrfan SENLİK (EMO)
Kenan SOYKAN (EMO) Y.Nuri SEVGEN (EMO)

DANIŞMA KURULU

Rasim ALDEMİR (BARMEK) Mehmet KESİM (Anadolu U)
Teoman ALPTURK (TMMOB) Macit MUTAF (EMO)
Ahmet ALTINEL (TEK) Erdiç ÖZKAN (PTT)
İbrahim ATALI (EMO) Kamil SOĞUKPINAR (TETSAN)
Malik AVİRAL (ELIMKO) Sedat SİSBOT (METRONİK)
Emir BİRGÜN (EMO) Atıf URAL (Kocaeli U.)
Sıtkı ÇİĞDEM (EMO) I. Ata YİĞİT (EMO)
R. Can ERKÖK (ABB) Fikret YÜCEL (TELETAS)
Bülent ERTAN (ODTÜ) Hamit SERBEST (CU)
Uğur ERTAN (BARMEK) Canan TOKER (ODTÜ)
İsa GÜNGÖR (EMO) Nusret YUKSELER (İTU)
Ersin KAYA (Kaynak) Kemal ÖZMEHMET (DEU)
Okyay KAYNAK (Boğaziçi U)

SOSYAL ETKİNLİKLER KURULU

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

SEKRETERLİK HİZMETLERİ

Necmi İKİNCİ (EMO) Elmas SARI (EMO)

BİLİMSEL DEĞERLENDİRME KURULU

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

SÜREKLİ MİKNATISLI SENKRON MOTORLAR : YAPISAL İNCELEME

Abdullah SEZGİN

Güven ÖNBİLGİN

Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ)
Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü
61080 - TRABZON

ÖZET

Klasik elektrik motorları olarak bilinen senkron, asenkron ve Doğru Akım motorlarının gerek yapıları ve gerekse denetimleri açısından gelişmelerinin belirli doyum noktalarına ulaşmasından sonra bu alandaki çalışmalar özel elektrik makinalarına doğru yönlendirilmektedir. Huniar arasında adım motorları, doğrusal motorlar, değişken relüktans motorlar, kütle rotorlu asenkron motorlar ve sürekli mıknatıslı senkron motorlar sayılabilir.

Sürekli Mıknatıslı Senkron Motorlar (SMSM), son yıllarda sürekli mıknatıslık konusunda kaydedilen teknolojik gelişmelerin etkisiyle elektromagnetik enerji dönüşümü ve elektrik makinaları konusunda günümüzde yapılan çalışmaların en önemli ilgi noktalarından biri durumuna gelmiştir.

Bu çalışmada, farklı geometrik yapılardaki SMSM 'lar, kullanılan mıknatıs türleri, mıknatısların yerleştirilişi ve mıknatıslama yönleri, kutup sayısı-mıknatıs sayısı ilişkisi, motorda akı dağılımı, rotor malzemeleri ve yol verme özellikleri, SMSM sürücü düzenekleri gibi ölçütler doğrultusunda incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

1. GİRİŞ

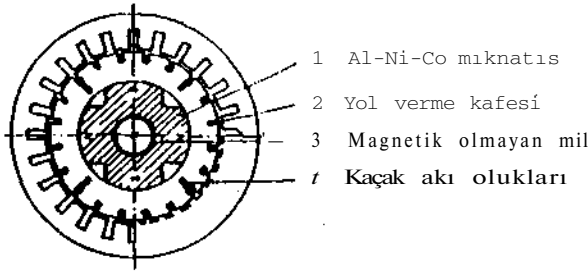
Sürekli mıknatıslar, 100 yılı aşkın bir süreden beri elektrik makinalarında kullanılmaktadırlar. Örneğin, GRAMME'nin 1870 yılında patent aldığı Dinanoelektrik Makinasının ilk tipinde uyartım, sürekli mıknatıslı c'lik şeritlerle (Jamlin Mıknatısları) sağlanıyordu]. Ayrıca, 1700 yılında EDISON'un sürekli mıknatıslı bir motor gerçekleştirdiği "diği

bilinmektedir [2]. 0 tarihlerde kullanılabilen mıknatıslar, makina içinde gerek duyulan akı yoğunluğunu sağlayabilmekten çok uzak olduğundan, sürekli mıknatıslar uzunca bir süre elektrik makinalarından uzak kalmışlardır. Ancak 1930 lardan sonra AlNiCo ve onu izleyen iyi özellikli mıknatıs türlerinin ortaya çıkmasıyla konu yeniden gündeme gelmiştir. Gerek yeni mıknatıs türlerindeki magnetik özelliklerin iyileştirilmesi ve gerekse elektrik makinalarının denetim yöntem ve düzeneklerindeki gelişmeler, sürekli mıknatıslı makinaların üretim ve kullanımını büyük bir ivme ile arttırmaktadır.

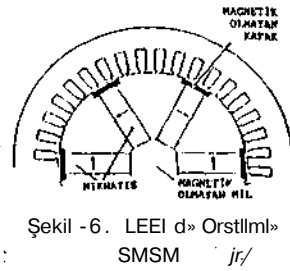
Bu çalışmanın asıl konusunu oluşturan Sürekli Mıknatıslı Senkron Motorlar'da ilk uygulama 1953 yılında F.W. MERRIL tarafından yapılmıştır [3]. AlNiCo mıknatıslar kullanılarak gerçekleştirilen bu motora ilişkin kesit resmi Sek. il. 1 de verilmiştir. PERMASYN olarak da adlandırılan bu motor, standart bir asenkron motordan yola çıkılarak üretilmiştir. Statora hic dokunulmadan, rotor kafesinin alt kısmına yerleştirilen AlNiCo mıknatıs blokları, senkron motorun uyartım alanını sağlamaktadır.

Sürekli mıknatıslı senkron motorlar:

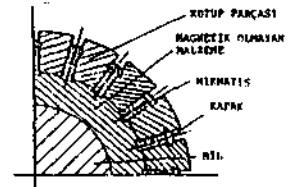
- Uc fazlı değişken gerilimle beslenen
- Fırça ve kollektör gibi mekanik parçaları olmayan,
- Uyartım alanını sağlamak için ikinci bir kaynağa gerek duymayan,
- Yüksel' güc katsayısı ve verime sahip olan,
- Belirli türleri gerilimle doğrudan yol alabilen.
- Yüksek eylemsizlik momentleri ile de senkronlanabilen,
- Senkron hızda dönen sürücü düzen*?' motorlarıdır.



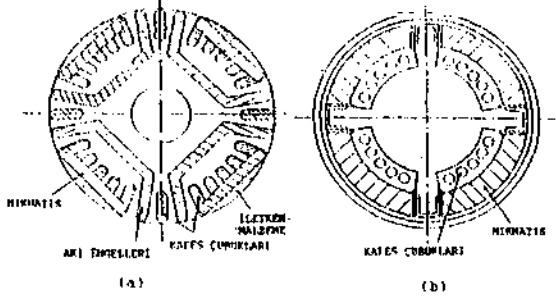
Şekil - 1. Merrill Motoru/3/



Şekil - 6. LEEI d» Orstlml» SMSM jr/

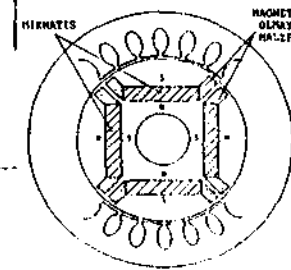


Şekil - 7. Çok kutuplu bir SMSM rotoru /8/

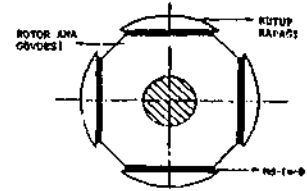


(a)

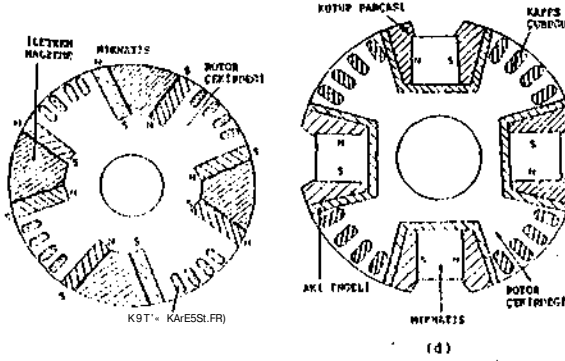
(b)



Şekil - 8. GE motoru /10V

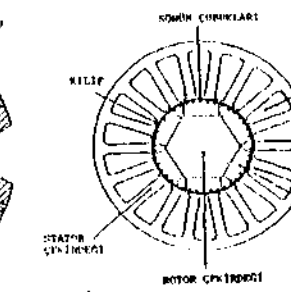


Şekil - 9. Kitle rotorlu Chalmer» motoru /9/

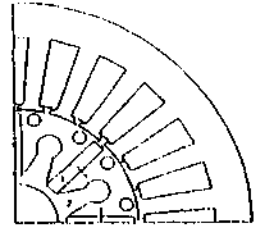


K9T - KAVESLİ.FR)

(d)

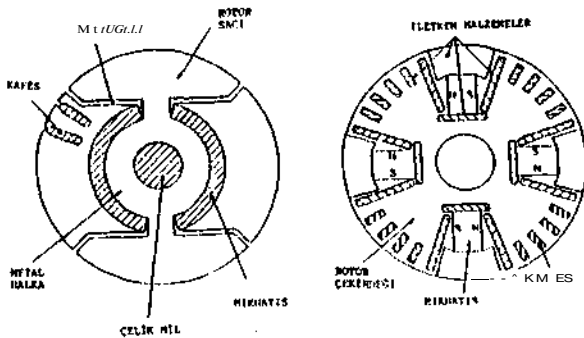


Şekil - 10. 6 kutuplu bir motor /11/

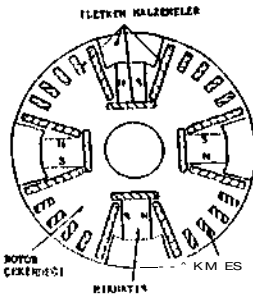


Şekli - 11. SMSM rotor kesiti nil

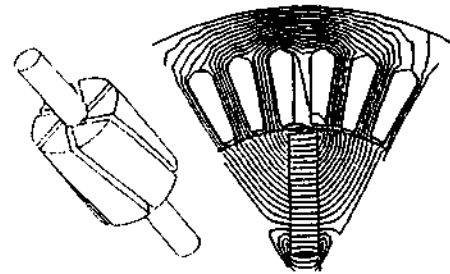
Şekil - 2. Çeşitli rotor kesitleri W
(a) Hondnger B.P. 3 126 493
(b) Siemens BP. 1 056 606
(c) Blnns BP. 1 263 300
(d) Blnns BP. 1 359 548



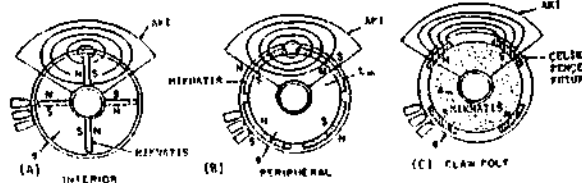
Şekil - 3. 2 mıknatıslı 4 kutuplu SMSM rotoru /5/



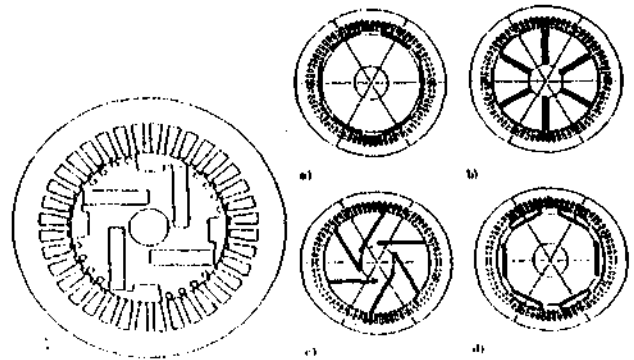
Şekil - 4. Blnns rotoru /IAI



Şekli - 12. Kütle rotorlu Blnns motoru /13/



Şekli - 5. Çeşitli rotor yapılan ve mıknatıs akısı vollen ISI



Şekil - 13. Kafesli rotor /14/

5**11* 14 Ç...1111 motor temel yapılan /15/

2. GENEL YAPISAL ÖZELLİKLER

SMSM 'lar. stator yapıları açısından alışılmış üç fazlı alternatif akım makinaları ile aynıdır. Statora yerleştirilmiş sargılar yardımıyla döner alan oluşturulmaktadır. Rotorda ise uyartım alanını sağlamak amacıyla, doğru akım taşıyan sargılar yerine sürekli mıknatıslar yer almaktadır. Yapılan kaynak taramasında karşımıza çıkan, aynı adla anılan ancak çok farklı rotor geometrilrine sahip makinalardan bazılarının ilişkin motor kesit resimleri Seki 1.1 - 1 '4 * te verilmiştir.

3. KULLANILAN MIKNATIS TÜRLERİ

SMSM'larda en fazla kullanılan mıknatıs türleri, AlNiCo, Ferrit ve Azrak Toprak Elementi (ATE) alaşımlarıdır. İlk uygulamalarda AlNiCo'lar yer almıştır. Daha sonra kullanılmaya başlanan Ferritler özellikle daha ucuz ve bol bulunabilmeleri nedeniyle hızla ön plana çıkmışlardır. Son olarak ta ATE alaşımları SMSM'ların yapılarına girmiştir.

AlNiCo mıknatıslar, yüksek B_r değerlerine karşın küçük H_c değerine sahip olduklarından, stator akımlarının ters etkisi ile kalıntı mıknatıslık değerlerini kaybetme riskine sahiptirler. Bu da kullanımın azalmasına neden olmaktadır. ATE alaşımları (örneğin Sm-Co Nd-Fe-B) magnetik özellikleri açısından tartışılmaz bir üstünlüğe sahiptirler. Günümüzde tek sorunları, maliyetlerinin öteki türlere göre çok pahalı oluşudur.

Mıknatıs boyutları makina tasarımı için çok önemlidir. Mıknatıs yüzey alanı toplam akı yoğunluğu gereksiniminden, mıknatıs kalınlığı da malzemenin koersif kuvvetinden hesaplanabilir. MIITVV-tıs boyutları eniyileştirilerek, maliyet azaltılabilir ve makinanın başarımlı arttırılabilir. Koersif kuvveti çok küçük olan AlNiCo mıknatısın kalınlığı çok uzarken, kalıntı mıknatıslığı küçük olan Ferritlerin yüzey alanı oldukça büyük olmaktadır. ATE alaşımlarının en önemli dezavantajları ise birim hacim ederlerinin çok pahalı oluşudur.

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

4. MIKNATISLARIN YERLEŞTİRİLİŞİ VE MIKNATISLAMA YÖNLERİ

Örnek makina keşi tlerindende görüldüğü gibi mıknatıslar

- Rotor yüzeyine yerleştirilebilir, (surFace rmounted, peripheral)
- Değişik yönlerde rotora gümülebilir. (insert. interior, buried)
- Yada rotor tümüyle mıknatıstan oluşturularak, kutup başlarına demir yapılar yerleştirilip akı yolu belirlenebilir (claw (role)).

Yüze yerleştirilmiş mıknatıslı rotorlarda, motorun hava aralığı hemen hemen sabittir. Yani motor yuvarlak rotorludur ve relüktans etkisi yoktur. Bu nedenle senkronlamaya yardımcı olacak bir relüktans momenti söz konusu olmaz. Yüze yerleştirilen yay biçimli mıknatıslar çapsal (radial) doğrultuda mıknatısanmışlardır. Bu tip motorlarda hava aralığı akı yoğunluğunun dağılımı, mıknatıs parçalarının yay uzunluğuna bağlıdır. Bu yapıdaki (Tatarlarda hava aralığının büyük olması nedeniyle hava aralığı akısı küçük olur.

Mıknatısın rotora gömülü olduğu motorlarda, çok değişik geometrilerle karşılaşmak olasıdır, örneğin Sekil.2(a), 8.10.]»(d) 'deki mıknatıslar dikdörtgen kesitli i'ily çapsal doğrultuda mıknatıslanmışlardır. Sekil. 2(h) ve 7 "de yine ç?pr>al doğrultuda yönlendiri İmiş yay biçimli mıknatıslar kullanılmıştır Duna karç-ın. Seldi 2 (c) .2 (d) .I.? (a) .6. 7. 11. 1? ve 1'J(b) 'deki mıknatıslar çevresel (cicumferential, tangential) yönde yönlendirilmiş ve dikdörtgen kesitlidir. Bu motorlarda mıknatısların rotora ynmülnu? derinliği, mil çapı ve rotor dış çapı tarafından sınırlanmaktadır. Derini iği daha arttırarak, rotora daha uzun mıknatıs yerleştir ebi İmal' amacıyla, mıknatıslar çapsal doğrultudan farklı açılarda, eğimli olarak yerlnştirilebilmektedir. Örnek olarak Sel' i 1.13 ve 1'! (c) verilt?il ir. Böyl nr. n tiava aralığında akı yoğunluğu rult-11.1 labilmoktedir.

Özellikle küçük motorlarda daha çok rastlanan bir yapı da rotorun tümüyle mıknatıstan oluşmasıdır. Mıknatıs, r;3pr>al doğrultuda, ir?t.pnen kutup S3yısı kadar par çaha l indeyon l e id ir il miştir.

1077

Ayrıca, hava atalığı ahi yoğunluğu dağılımının biçimlendirilmesi amacıyla rotor dış yüzeyine Sekil.5 (c) 'de görüldüğü gibi demir kutup ayakları yerleştirilebilir.

5. KUTUP SAYISI - MIKNATIS SAYISI İLİŞKİSİ

Motorlar, kullanılan mıknatıs sayısı açısından incelendiğinde, büyük bir yoğunlukta motor kutup sayısı kadar mıknatıs kullanıldığı görülmektedir. Ancak bu bir zorunluluk değildir. Bazı uygulamalarda bu genellemenin dışına çıkılmıştır. Örneğin Sekil.1.3 de görülen rotorda, uygun akı engelleri oluşturularak, 2 mıknatıs ile 4 kutuplu bir motor yapılmıştır. Yine farklı bir biçimde, Sekil.2(c) deki rotorda 4 kutup elde etmek için 8 mıknatıs kullanılmıştır. Tüm bu farklı yapılar, daha iyi performans elde edebilmek ya da daha motoru ekonomik üretebilmek amacıyla denenmişlerdir. Sekil.5(c) de görüldüğü gibi "tek bir mıknatıs - çok sayıda mıknatıslama yönü" kullanılarak çok kutup elde edilebilir.

6. MOTORDA AKI DAĞILIMI

Rotordaki bir mıknatısın oluşturduğu yararlı akı çizgileri, motorun geometrisine bağlı olarak rotor, hava aralığı ve statorda belirli yolları izleyerek yine aynı mıknatısın diğer kutbuna ulaşır. Özellikle mıknatısların rotor içinde gömülü olduğu rotor tiplerinde, hava aralığını katederek statora geçmeden, sadece rotor içinde ilerleyerek mıknatısın öteki kutbuna varabilecek kaçak akıların engellenmesi gerekir. Bir başka deyişle, rotor içinde mıknatısın iki kutbu arasında hava aralığına göre küçük magnetik dirençli yollar yer almamalıdır.

Mıknatısların çevresel yönde mıknatıslanmış ve çapsal doğrultuda gömülmüş olduğu rotor tiplerinde, kaçak akılar için en uygun yol rotor milidir. Bu sorunu çözmek için ya rotor mili magnetik olmayan bir malzemedir yapılmıştır (Sekil.6.5 (a). 12. 1'Kb) . 1'1 <c)) . ya da mıknatıslar ile mil arasında magnetik olmayan malzemeler yerleştirilir (Sekil.7 ve 11) .

1078

Mıknatısların çapsal doğrultuda yönlendirilmiş olduğu tiplerde ise akının geçmesinin istenmediği yüzeylerde hava aralığı büyütülür (Sekil.1.9 ve 13) . veya rotorda akı engelleri oluşturulur (Sekil.1.2(a). 2 (d) , 3.4.8) . Oluşturulan bu akı engelleri aynı zamanda hava aralığı akı yoğunluğunun biçimlendirilmesi amacıyla da kullanılmaktadır.

Akı dağılımının incelenmesinde bir başka ölçüt de, bir kutup akısının yolu üzerindeki mıknatıs sayısı olabilir. Çapsal akılı rotorlarda, akı çizgisi iki mıknatıstan geçerek yolunu tamamlarken, çevresel akılı rotorlarda kutup akısı sadece bir mıknatıstan geçer. Bu durum **Akı Yoğunlaştırılması** (Flu: Concentration) olarak da adlandırılır.

7. ROTOR MALZEMESİ VE YOLVERME ÖZELLİKLERİ

Önceleri sac paketlerden oluşan rotor malzemesi yerine, son zamanlarda kütle rotorlarda da kullanılmaktadır (Sekil 9 ve 12) . Kütle kullanılması imalatı kolaylaştırdığı gibi, aynı zamanda rotorun başlangıç momentine de katkı sağlamaktadır.

Sürekli Mıknatıslı Senkron Motorların bazı türlerinde, doğrudan yol almasını sağlamak amacıyla kafesler de yer alır. Kafesler rotorun türüne göre, tüm çevre boyunca yayılacağı gibi (Sekil.1.1, 10,11) , belirli bölgelerde de olabilir (Sekil.2(c). 2 (d) , 'I. 13) . Bazı rotor türlerinde kafes, mıknatıstan daha derine yerleştirilmiştir (Sekil.1.2(a,b)) . Bu kafesler ayrıca geçici olaylarda kararlı için arttırılması **Sönüm Sargısı** işlevini de üstlenebilirler.

Asenkron olarak yol alan OMSM 'ların senkronlama momenti mıknatıslar yardımıyla olur. Gömülmüş mıknatıslı rotolarda relüktans etkisi de senkronlamaya yardımcı olur.

Burada sözedilmesi gereken bir konu da başlangıçta mıknatısların oluşturduğu zıt yönlü di3 tutma momentidir. Motorun yol almasını güçleştiren bu etki, statorda da rotor oluklarının **çaprazlanması** (skewing) ile (Sekil.12) azaltılabilmektedir.

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

8. SMSM SÜRÜCÜ DÜZENEKLERİ

SMSM

Doğrudan Evirici
Yolalan Besleme)i

Kafesli Kafesiz

Sinüs Karecel
Besleme1 i Besi emel i

Kanuni Konum
Algılayıcı1) AJy ilayıcısız

Çizelge.1 Sürücü düzenekler açısından
SMGM larin türlendirilmesi

SMSM *lar yapı ve sürücü düzenekleri açısından ÇizeJge-1 deki gibi.Doğrudan **Yolalan** (ki bu motorlarda. başlangıç momentinin sağlanması amacıyla kafesli rotor kullanılmaktadır) ve Eviriciyle **Beslenen** makinalar olarak iki gruba ayrılabilirler [17]. İler ne kadar sık sık kullanılmıyorsa da, evirici ile beslenen makinalarda da kafes kul lanı İnmaktadır. Kafes kullanılıyorsa, ma-kinanın doğrudan yolalan makinalar gibi açık çevrimde kullanılması müm-kündür. Eğer makinanın rotoru kafesiz ise, doğal olarak rotor konumunun herhangi bir yöntemle belirlenmesi gerekmektedir.Bu amaçla Hail algılayıcılar, optik kodlayıcılar gibi konum dönüştürücüler kul lanı İnmaktadır.

Kafesiz rotorlu SMSM sürücü düzenek-lerini de iki temel kısıma ayırmak mümkündür. İlkinde, motorun zıt. emk'sı sinüs biçimlidir ve sabit moment üretmek için sinüs biçimli stator akımına gerek duyar. Fırçasız Doğru Akım Maki-nae1 (BrushlessDC Motor:BLDC) olarak da adlandırılan ikinci türde ise, motorun zıt emk'i yamuk biçimlidir ve sabit moment üretebilmek için karesel stator akımına gereksinim duyar C181. Ancak değişik rotor ve mıknatıs yapıları ve biçimleriyle değişik hava aralığı akı yoğunluğu biçimleri elde edilebilir.

9. SONUÇ

Bu ça 11 şmada, üzer inde ca 11 s 11 ab i l ecr-jk bir motorun geliştirilmesine yötınlik olarak. SMSM'ların yapısal özellikleri konusundaki bilgi birikimi sınıflandı-ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

rılarak incelenmiştir. Bu jnnolpuifnin sonucunda şu yorumlara varılabilir :

- Ferrit mıknatıs kul lamım .akı yoğun-Teistırıcı rotor yapıları ile kabul edilebi l i r .Ancak. ATE mıknatıs kul lanı mı daha iyi sonuçlar verecektir.
- Doğrudan yol verilebi İme amacıyla kafes sargıları veya Foucoult akım-larından yararlanan kütle rotorlar kul lanı lahi l i r.
- Çıkık kutuplu rotor yapılarımla olu-şan relükt.ans momentlerinden yarar-lanılabilir.
- Stator ya da rotor oluklarının çap-razlanması. yol vermede kolaylık saçjlar.
- Kütle rotor kullanılması, prototip mak.ına imalatında kolaylık sağlaya-bilir.
- Kullanım, imalat ve başarıml ölçütle-rine bağıi olarak değişik tasarımlar üre İlebi l i r.

KAYNAKLAR

- [11 ——— . Galileo Ferrari Uorkshop. Int. Conf.on Evolution and Modern Aspects of Induction Machines S-11 July 1986. Torino - ITALY.
- [2J Rahman.M.A. .Slemon.G.R. ,Pı nrmising Applications of Nd-B-Fe Magnets in Electrical Machines.IEEE Trans gn Maçnşiiçş. Vol .21 ,No~.5.9 (1985) "1712-1716
- [31 Aldemir.R., Sürekli Mıknatıslarla Uyarılmış Senkron Makinalnı' üze-rine Bir lnce l eme.Docent. 1 ik Tezi. 1977. Trabzon.
- ['II Binne.K.J.Barnard.U.R.Jabbar.M.A. Hybrid Permanent Magnat Synchr. Motors. Proceeding IEE. Vol.125. No.3.3(1978) 203 •• 200.
- t 5] Rahman.M.A., lligh Ffficiency PM Synchr onotıs Motor s. IEEE ind.Appl • Goçietv Annual Meeting. 1979.
- L 61 R.ihman.M.A. PM Synchr onotıs Motors A Reniev of The State of Design Art. JCEM Athenes.Septembe- \?HO.

[7] ... of ...
of ...
of ...

r ...
in ...

[9] ...
...
...

[10] ...
Interior ...
...

[11] ...
...
...

[12] ...
Field ...
Conversion ...

[13] ...
...
...

[14] ...
...
...

[15] ...
Conf ...
...

[16] ...
Appli ...
...

[17] ...
...
...

[18] ...
...
...



ribclullph. GEZGIN
...
...



Jüv-r-n ÖNBİLGİN
...
...

SÜREKLİ MIKNATISLI SENKRON MOTOR ÜZERİNE BİR DENEYSEL İNCELEME

Abdullah SEZGİN

Güven ÖNBİLGİN

Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ)
Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü
61080-TRABZON

ÖZET

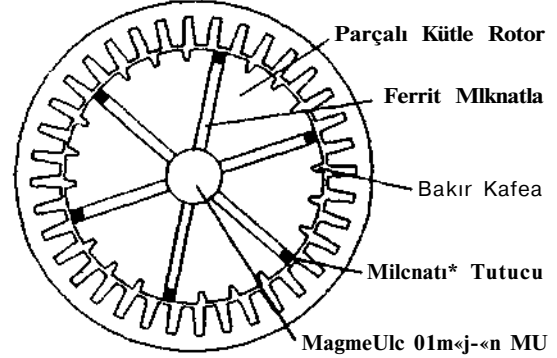
Bu çalışmada, piyasada yaygın olarak bulunan üç fazlı, sincap kafesli bir asenkron motorun «tatoru ile üç değişik rotor; (sincap kafesli rotor [ASM], çelik kütle parçalı, relüktans etkili rotor [Rİ] ve bu rotora sürekli mıknatıslar yerleştirilerek elde edilen Sürekli Mıknatıslı Senkron Motor rotoru ESMSM.1) kullanılarak, birbirinden türetilmiş üç motorun özellikleri deneysel olarak incelenmiştir.

Deneyce 1 karşı farklı rinalarda ölçüt olarak, malaneların sürekli çalışmadaki Güç Katsayısı, Verimi ve bu iki büyüklüğün çarpımından elde edilmiş bir iyelik Katsayısı kullanılmıştır.

RM ve SMSM'un imalatı sırasında bir eniyileştirme yapılmadığı göz önünde tutularak, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Ayrıca, bu tür bir deneysel çalışmanın SMSM'ların temel ve uygulama özelliklerinin kavranması ve yorumlanması açısından önemi de belirtilmiştir,

1. GİRİŞ

Bu çalışmada deneysel yöntemle, çıkık kutplu, sürekli mıknatıslı bir senkron motor geliştirilmesi ve özelliklerinin araştırılması sonuçları sunulacaktır. Stator yapılarının aynı oluşundan yola çıkılarak, önce üç fazlı bir asenkron motor (30, 380 V. 1.7 A. 917 d/d) seçilmiştir. Daha sonra imalat kolaylığı da dikkate alınarak, kesiti Seki-1-1 de gösterilen parçalı çelik kütle rotorlu Sürekli Mıknatıslı Senkron Motorun yapımı gerçekleştirilmiştir. Gerek ucuz oluşu ve gerekse Türkiye piyasasından sağlanabilme olanağı göz önünde tutularak, rotorda Ferrit Mıknatıslar kullanılmıştır ($D_0.35 T, I^*=250 l-A/m$).
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ



Seki-1-1 Sin«k 1 i Mı I :na t ısl ı Dene y
Molnrunun Keş i ti

Çevresel yönde yönlendirilmiş mıknatıslar, rotora çapsal doğrultuda yerleştirilerek bakır tutucularla tutturulmuştur. Kullanılan tutucular aynı zamanda q-ekseninde kafes oluşturacak biçimde rotor uçlarında kısadevre edilmiştir. Rotor geometrisi gereği, mıknatıs akısının tümüyle hava aralığından geçmesinin sağlanması amacıyla milin yapımında magnetik olmayan malzeme kullanılmıştır. Ayrıca motorun doğrudan yol almasını sağlamak amacıyla rotor çevresine bakır çubuklardan oluşan bir kafes yerleştirilmiştir.

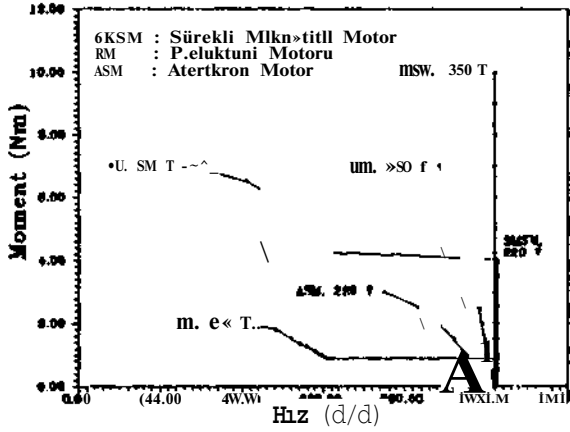
İmal edilen deney motorunun mili magnetik olmadığından, kütle rotor parçaları magnetik açıdan birbirlerinden yalıtılmışlardır. Bu nedenle parçalı kütle rotorda oluşacak girdap akımları ve mıknatıs oluklarının oluşturduğu çıkık kutupluluk etkisinin incelenmesi amacıyla deneyler yapılmıştır. Gerek boşa ve gerekse yüklü olarak yapılan deneyler, hem rotorda mıknatıslar yokken hemde varken gerçekleştirilmiştir.

Deneyler dört grupta toplanmıştır :

- ASM. RM ve SMSM 'un yükte çalışması
- RM ve SMSM 'un boşa çalışması
- RM ve SMSM *un programlı yüklenmesi
- SMSM 'un değişik gerilimlerde yükte çalışmasının incelenmesi

2. UC ROTORUN YÜKTE ÇALIŞMASI

Bu deneyde, sürekli çalışmada relüktansın ve mıknatısların etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Her üç rotor (ASM, RM, SMSM) aynı stator kullanılarak 220 V ve 380 V etkin değerli ve; s i nü. biçimli gerilimlerle beslenerek yükte çalışma deneyleri yapılmıştır. Yük 1 eme düzeneği olarak **Magnetik Toz Freni** (Magnetic Powder Brake) kullanılmıştır. Deneylere ilişkin Moment-Hız eğrileri Seki 1-2 de verilmiştir.



Seki 1-2 Üç rotor için yükte çalışmada Moment-Hız eğrileri

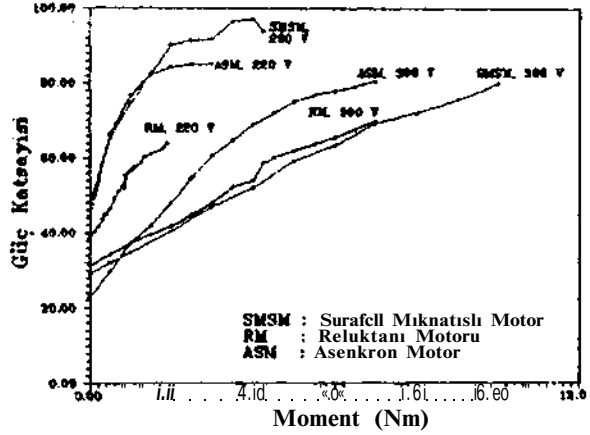
Seki 1-2 den de göüldüğü gibi, rotorun parça kütleleri arasında yer alan mıknatıs oluklarının meydana getirdiği relüktans etkisi, rotorda mıknatıslar yokken de motorun senkronizasyonunu sağlamaktadır.

Herhangi bir sürücü düzenek için motor seçiminde, kullanıcı için önemli olan ölçütlerden birisi, şebekeden çektiği gücün ne kadarını etkin olarak kullanabildiği, yani motorun Güç Katsayısı, bir diğeri de, şebekeden alınan elektriksel gücün ne kadarının mekanik güç olarak mile aktarıldığı, yani motorun Verimdir. Burada motora ilişkin bu iki önemli kavramdan yola çıkarak **İyilik Katsayısı** tanımlanmıştır.

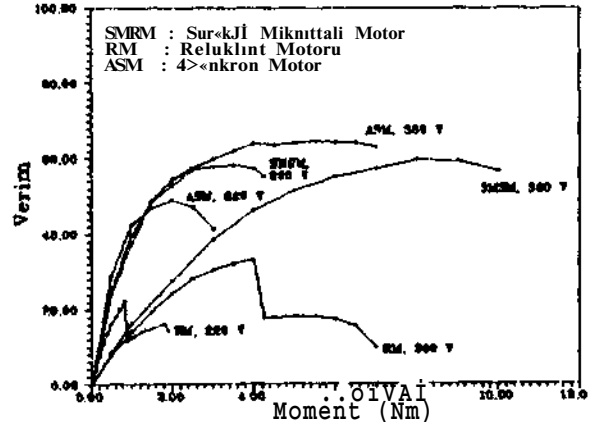
İyilik Katsayısı = Güç Katsayısı * Verim

Güç katsayısı, Verim ve yukarıda tanımlanan İyilik Katsayısının Momente göre değişimleri sırasıyla Seki 1-3, 1-4 ve 1-5 te verilmiştir.

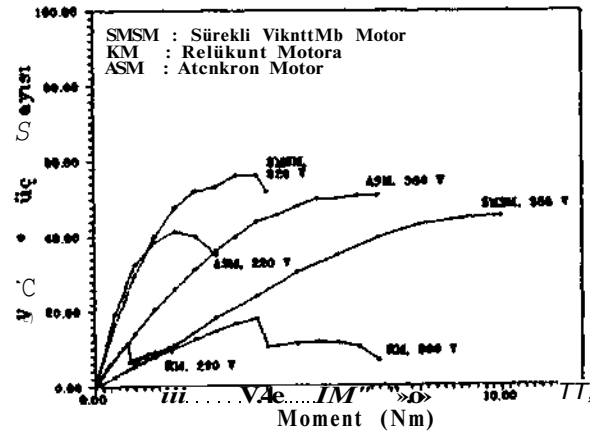
1082



Seki 1-3 Üç rotor için yükte çalışmada Güç Katsayısı eğrileri



Seki 1-4 Üç rotor için yükte çalışmada Verim eğrileri



Seki 1-5 Üç rotor için yükte çalışmada İyilik Katsayısı eğrileri

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

3. BOŞTA ÇALIŞMA DENEYLERİ VE MIKNATIS ETKİSİ

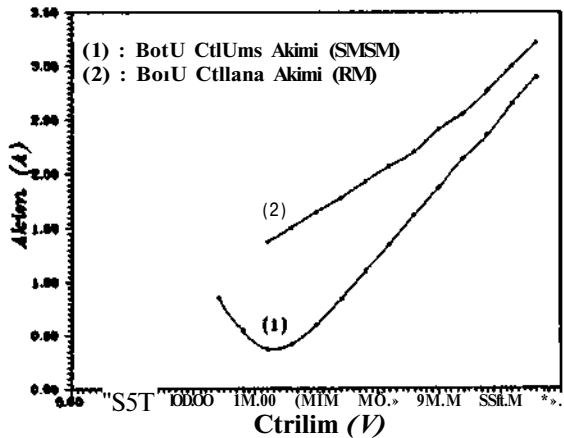
Bu deneylerde aracı?, yüksek durumdaki SMSM'un (rotorda mıknatıslar varken ve yokken) gerilim arttırılarak senkronlandı ve senkron hızda dönerken gerilim azaltılarak senkrondan çıktığı gerilimler ölçülmüştür. Elde edilen değerler Çizelge 1 de verilmiştir.

ÇİZELGE-1 Boşta çalışmada senkronlama ve senkrondan çıkma gerilimleri

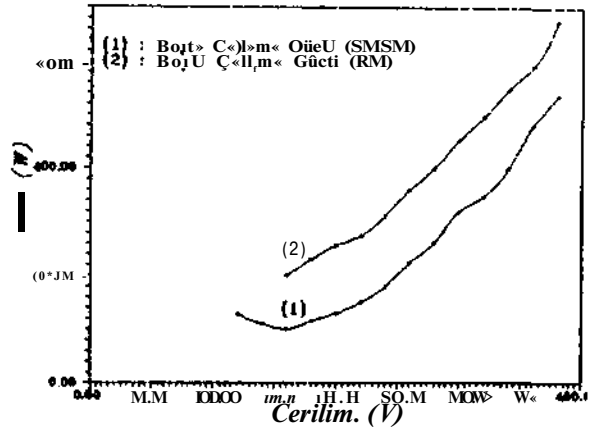
	Mık.sız (RM)	Mık.lı (SMSM)
Serik, gerilimi	320 V	300 V
Senk.çıkma yer.	155 V	100 V

Tablodan da görüleceği gibi, rotordaki mıknatıslar, hem motorun daha küçük gerilimde senkronlanmasını sağlamakta, hem de senkron hızda dönmekte olan rotorun senkrondan çıkma gerilimi değerini küçültmektedir.

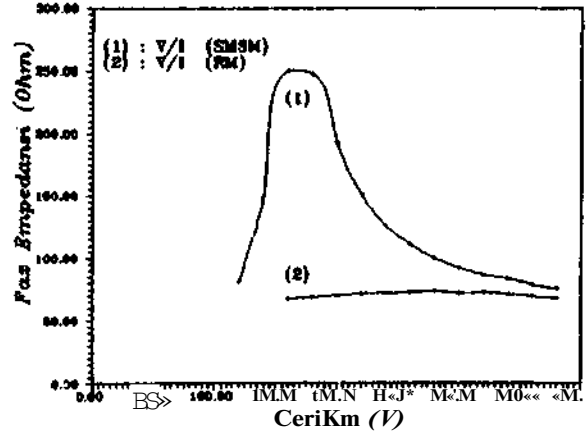
RM ve SMSM. değişik gerilimlerde boşta çalıştırılarak stator akımı ve şebekeden çekilen elektriksel güç ölçülmüştür. Daha sonra ölçüm değerlerinden yararlanılarak, faz empedansı (WI) ve güç katsayısı hesaplanmıştır. Her iki rotor için Akım, Giriş Gücü, Faz Empedansı ve Güç katsayısının boşta çalışma gerilimine göre değişimleri, sırasıyla Sekil- 6,7,8 ve 9 'da verilmiştir. Tüm eğrilerden de görüleceği gibi mıknatısların varlığı, motorun davranışını iyileştirmektedir.



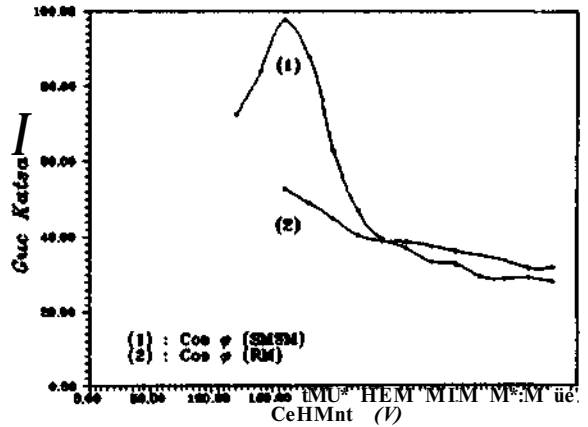
Sekil-6 Boşta çalışma akımının gerilime göre değişimi
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ



Sekil-7 Boşta çalışmada Giriş Gücünün Gerilime göre değişimi



Sekil-8 Boşta çalışmada Faz Empedansının Gerilime göre değişimi

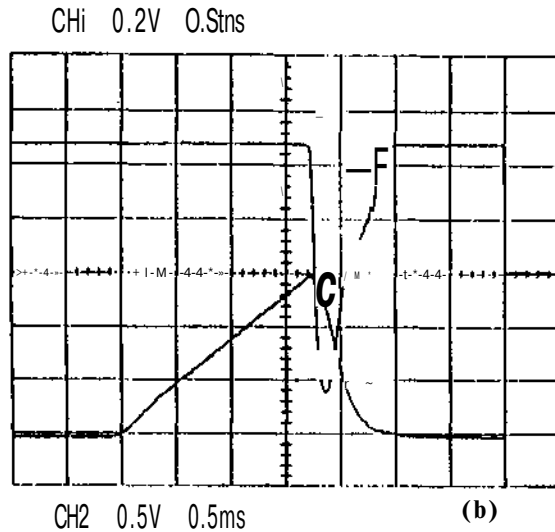
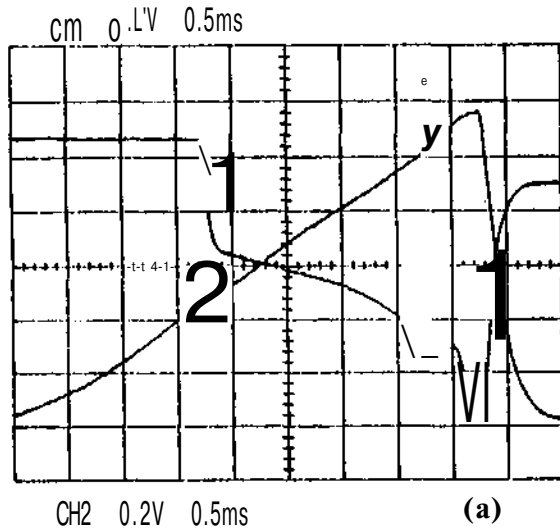


Sekil-9 Boşta çalışmada Güç Katsayısının Gerilime göre değişimi

4. RM ve SMSM 'UN PROGRAMLI YÜKLENMESİ

Magnetik Toz Fren kullanılarak, her iki rotorlu durumda değişik gerilimlerde motorlar, rampa biçimli programlı yük momentleri ile yüklenmiş $n=f(t)$. $M=f(t)$ ve $M=f(n)$ eğrileri ölçülerek kaydedilmiştir. Örnek olarak 300 V için elde edilen eğriler Seki-10 'da verilmiştir.

Programlı yüklemde, boşa çalışan motor, belirli bir anda eğimi sabit olan rampa biçimli bir yük momentini ile devrilinceye kadar yüklenmekte ve daha sonra yük momentini kaldırılmaktadır.



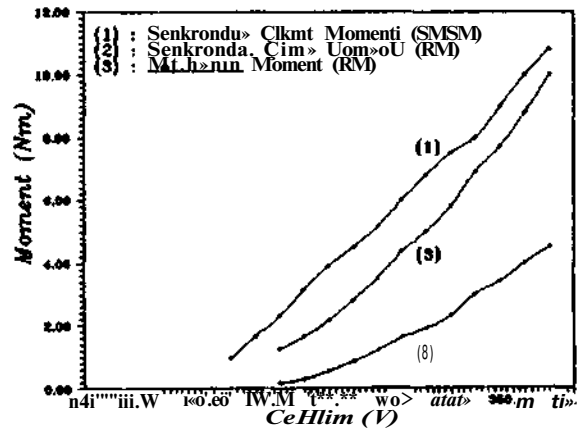
Seki 1-10 Programlı yüklem eğrileri
(a) RM. $n=f(t)$ ve $M=f(t)$
(b) SMSM. $n=f(t)$ ve $M=f(t)$

1084

Deneyler sırasında, motor önce yüksüz durumda senkron hıza çıktıktan sonra, gerilim o deneye ilişkin çalışma değerine indirilmiktir. Daha sonra Magnetik Toz Fren'in ürettiği rampa biçimli yük momentini karşısında hızın ve motor $n=f(t)$ inin zamana göre değ i sinileri kaydedilmiştir. Eğriler incelendiğinde, mıknatısların olup olmasının, motorun yükte çalışma özelliklerini etkilediği gözlenmiştir.

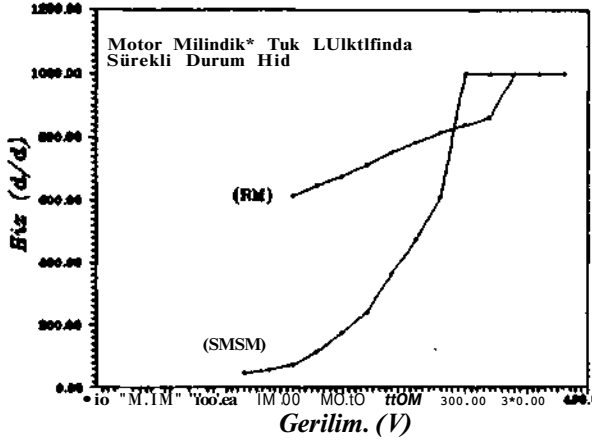
Örneğin hnr iki rotorda da çalışma gerilimine bağlı olarak **Senkron Çıkma Momenti** (Pull-Out Torque) değişik değerler almaktadır. Eğer çalışma gerilimi senkronlama geriliminden büyük ise, yük momentini ortadan kalktığına beri iki motor da tekrar senkron hıza çıkmaktadır. Daha küçük çalışma gerilimlerinde devrilen motorlar, yük momentini ortadan kalksa bile, gerilime bağlı olarak düşük hızlı çalışma noktalarına takılmaktadırlar. Bunun nedeni rotorun parçalı kütle çelik yapıda oluşudur.

Dikkati çeken bir başka nokta da, SMSM yüklem nedeniyle senkrondan çıktığında hızı büyük bir ivme ile azalırken, RM'un hızı daha yavaş azalmakta ve kütle rotorlu asenkron motor özelliği ile senkrondan çıkma momentinden daha büyük momentler üretebilmektedir. Bir başka deyişle, SMSM senkrondan çıkma momentinden daha büyük moment üerezenken, RM üretilen momentin ana nedeni, düşük hız i mıknatısların stator dışı-ı oluşturduğu tutma momentidir. Daha belirgin açıklanması amacıyla söz edilen özelliklere ilişkin eğriler Seki-11 de verilmiştir.



Seki 1-11 Programlı yüklemde Senkron Çıkma Momenti

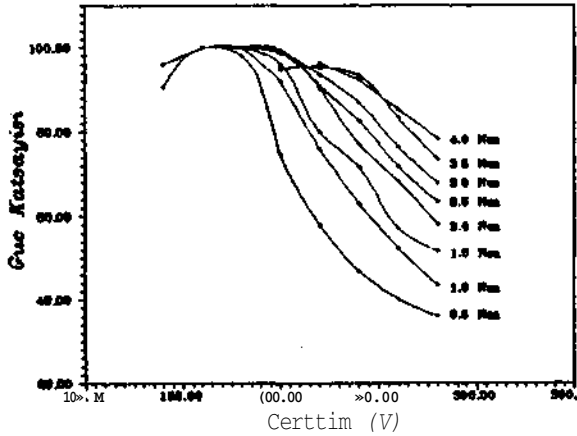
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ



Seki 1-12 Senkron dan çıkan motorun, yük ortadan kalktığında sürekli durum hızının

5. SMSM DEĞİŞİK GERİLİMLERDE YÜKTE ÇALIŞMASI

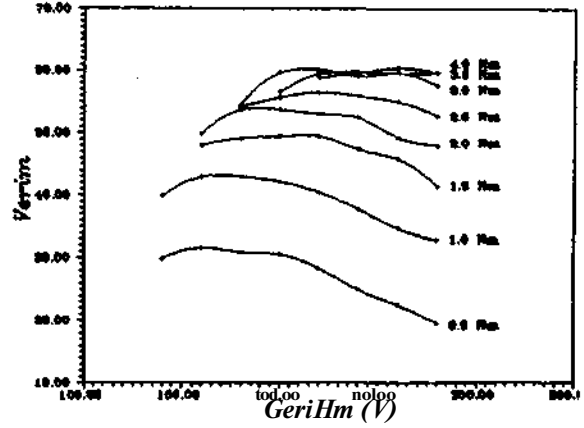
Bu deneyde, SMSM değişik gerilimlerle beslenirken, farklı momentlerle yüklenerek, Güç katsayısı, Verim ve İyilik katsayısı açısından uygun çalışma gerilimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen eğriler, Sekil-13, 14 ve 15 'te verilmiştir. Yükleme yapı lırken, senkron dan çıkma momentleri göz önünde tutularak, besleme gerilimi 140 - 280 V arasında değiştirilmiştir.



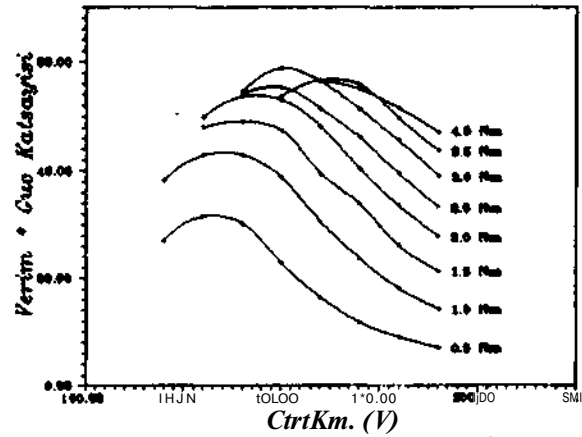
Seki-13 Güç katsayısının Gerilim ve Yüke göre değişimi

Seki-13 incelendiğinde, Güç katsayısının yük arttıkça genel olarak büyüdüğü, bununla birlikte 160 V civarında en büyük değerini aldığı görülmektedir. Motorun Verim eğrileri ise belirgin bir en büyük değer almaksızın, yüklen-

dikçe artmaktadır. Tüm eğriler incelenirken, rotorun tasarımında biteni yi leş t irme yapılmadığı göz önünde tutulmalıdır.



Seki-14 Verimin Gerilim ve Yüke göre değişimi



Seki-15 iyilik katsayısının Gerilim ve Yüke göre değişimi

6. SONUÇ

Bu çalışmada, standart sincap kafesli ASM'un statoru kullanılarak, çıkık kutuplu, kütle rotorlu, gömülü mıknatıslı bir SMSM'un geliştirilmesinin özellikleri deneysel olarak ortaya konmuştur. Bu inceleme sonucunda aşağıdaki yorumlar yapılabilir :

- SMSM 'un çıkık kutuplu yapıda olması ve magnetik olmayan mil kullanılması sonucunda yeterli akı yoğunlaşmasının sağlanabildiği görülmüştür.

● Dövlət təhlükəsizlik xidməti... (text continues with technical details and names)

● Əməkdaşlıq... (text continues with technical details and names)

● Ur-i im... (text continues with technical details and names)

● Əməkdaşlıq... (text continues with technical details and names)

● Y-?pıl>n... (text continues with technical details and names)

● Yənd'... (text continues with technical details and names)

... (text continues with technical details and names)



1977... (text continues with technical details and names)



Qüyer... (text continues with technical details and names)

**N-FAZLI TOROID STATORLU EKSENEL AKILI
SÜREKLİ MIKNATISLI SENKRON MAKİNALARDA
ENDÜKTANS HESABI**

Güven ÖNBİLGİN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ)
Elektrik - Elektronik Müh. Bölümü
61080 - TRABZON**

ÖZET

Nd-Fe-Bo türü yüksek akıllı azrak toprak elementli sürekli mıknatısların kullanılabilirliğinin yaygınlaşmasının bir sonucu eksenel akıllı sürekli mıknatıslı senkron makinelerin güncel ilgi alanına girmesidir.

Uygulamalardan biri de, toroidal bir stator çekirdeği üzerinde Gramme Halka türünde n-fazlı stator sargısı ve statorun bir/iki yanında üstünde sürekli mıknatıslar yapışık çelik disk rotordan oluşan senkron makinedir. Bu makinelerdeki fazlara ilişkin öz ve ortak endüktansların hesaplanmasında gelişkin sayısal alan hesabı yöntemleri ve bilgisayar programları kullanılmaktadır. Bu çalışmada, eksenel akıllı makinadaki geniş hava aralığı ve sürekli mıknatıs nedeniyle bu tür karmaşık ve gelişkin yaklaşımlar yerine iki basityaklaşımın yeterliliği irdelenecektir. Birinci yaklaşım, tek boyutlu magnetik eşdeğer devreyi, ikinci yaklaşım ise stator sargı dağılımı harmonik açılımı ve bir faz sargısında sinüs biçimli akım akmasıyla oluşan hava aralığı akısının diğer faz sargılarında oluşturduğu EMK hesabını içermektedir. Bu yaklaşımlar, bilgisayar programları ve deneysel sonuçlarla değerlendirilmeye çalışılmıştır.

İ.GİRİŞ

Eksenel akıllı elektrik makineleri, a-senkron, doğru akım ve senkron makineler alanlarında gittikçe artan bir akademik ilgi ve uygulama odağı olmaktadır.

Eksenel akıllı girdap akımı motoru [1] ile başlayan asenkron makinelerle ilişkin süreçte elde edilen sonuçların nitel-nicel bir değerlendirmesi de yayınlanmıştır [2]. Bu tür motorların ge-

lişim ve kullanımında temel sorun verim değil (çıkış gücü/ağırlık) oranı ölçütü olmuştur. DA makineleri ve senkron makinelerin eksenel akıllı olarak tasarlanıp kullanılmasındaki gelişmeler de, bu nedenle, uyartım sargılarının yerine sürekli mıknatısların, özellikle Azrak Toprak Elementli (ATE) olanlarının, kullanılabilirliğine bağlı olmuştur. Buna ek olarak eksenel akıllı yapının düzgün ve ayarlı hava aralığı, imalat ve uyarılma kolaylıkları vb. nitelikleri bu makineler üzerindeki çalışmalarını yoğunlaştırmıştır [3]. Özellikle sürekli mıknatıslı eksenel akıllı senkron makinelerin yapıları ve tasarımı-kullanımları araştırılmaktadır [4] [5].

Değişik seçenek yapılar arasında toroid bir stator üzerine Gramme halkası türü faz sargıları sarımiş (oluksuz yapı) ve statorun bir ya da iki yanında üstüne ATE mıknatıslar yerleştirilmiş yapı önem kazanmıştır. Raylı taşıtlarda elektrodinamik fren işlevini üstlenen sürekli mıknatıslı generatörler [6], fırçasız DA motoru [7] ve oluksuz toroid statorlu n-fazlı sürekli mıknatıslı generatör [8] olarak uygulamalar gündeme getirilmiştir. Ayrıca oluklu iki ötator arasına yerleştirilmiş sürekli mıknatıslı rotorlu motor yapısı da servo sürücüler için önerilmiştir [9].

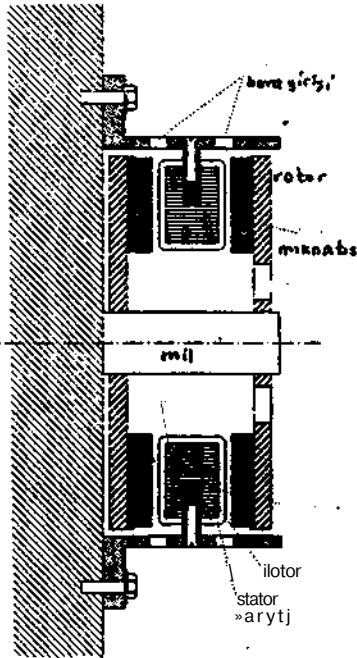
Toroid statorlu Gramme halka sargılı makinelerin matematiksel modellerinde endüktans değerlerinin bilinmesi önemlidir. Bunun için makinedeki akı dağılımının bilinmesi gereklidir. Capsal akıllı elektrik makinelerinde bu amaçla yaygın olarak kullanılan sayısal yöntemler, özellikle sonlu elemanlar yöntemi [6,10] ilk akla gelen çözüm yaklaşımları olmaktadır. Ancak böylesi makinelerin alan çözümlerinde üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi [11] gerekmektedir. Makinelerin faz modeli ile Sönüm

sargılarını da içeren dinamik davranış modellerinde sonlu elemanlar yöntemi ve enerji pertürbasyonu yöntemi denenmiştir [12]. Ancak bu sayısal yöntemler karmaşık ve zaman alıcıdır. Bu açıdan analitik yaklaşımlar çekicilik kazanmaktadır. "Magnetik yük" kavramını kullanan bir yaklaşımla bu tür makinelerin alan hesabına analitik bir yaklaşım getirilmeye çalışılmışsa da burada da karmaşıklık geçerlidir [13].

Bu çalışmada n-fazlı, toroid statorlu Gramme halka sargılı bir generatör yapısı ele alınarak bir boyutlu eşdeğer magnetik devre ve harmonik açılım yaklaşımlarının temel alındığı iki analitik yöntemin faz öz/ortak endüktanslarının hesaplanmasıdaki etkinliği ve yetisi araştırılmıştır.

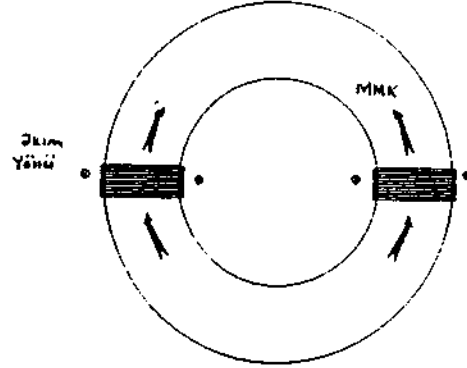
2.. MAKİNA YAPISI VE AKI YOLU

İncelenecek olan aksel akılı senkron makinanın yapısı kısaca şöyle açıklanabilir. Stator silisli saç şeritlerden oluşan bir toroiddir. Bu toroid çekirdek üzerine her bir faz sargısı Gramme halka türünde sarılmıştır. Statorun iki yanında, üstünde kutup sayısına uygun sayıda ve yönlendirilmiş biçimde mıknatıslar yerleştirilmiştir iki kütle çelik rotor diskisi bulunmaktadır. Bu disk tek yanda da yer alabilir, ancak bu yapı statorun tam kullanımını daha iyi sağlamaktadır [8]. Seki 1.1. bu makina yapısının kesitini vermektedir.



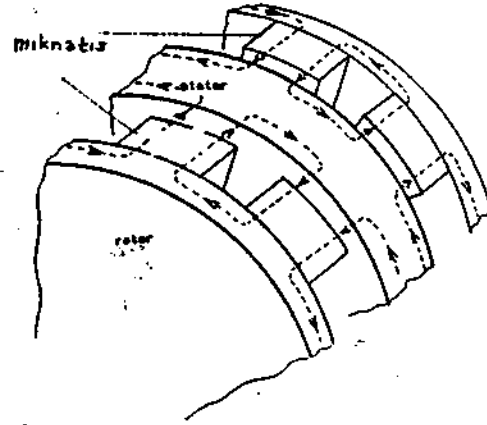
Seki 1.1. Makina yapısı kesiti [8]

Bu tür bir makinada bir faz sargısının yerleştirilmesi, akım yönleri ve MMK yönleri Sekil.2.de gösterildiği gibidir. Bu durumda faz sargılarının MMK yönleri çekirdekte (stator) çevresel yönde dolaşan net magnetik akı sıfır olmaktadır.



Seki 1.2. Statorda faz sargısının yerleştirilmesi [8]

Statorun ve rotorun bu yapısı ve faz sargılarının yerleştirilmesi sonucunda makina geometrisi ve akı yollarının simgesel bir gösterimi Seki 1.3. te verilmiştir.



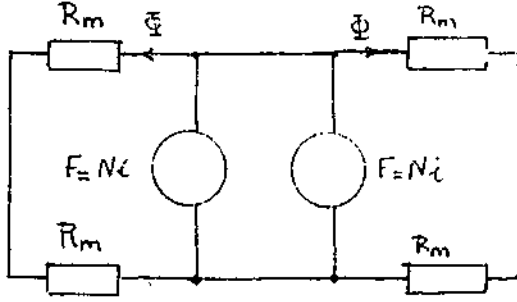
Seki 1.3. Makinada akı yolları

Sekil.3.te verilen akı yollarının ana akı yolları olduğu, ayrıca kaçak akıların da var olduğu unutulmamalıdır.

3. BİR BOYUTLU MAGNETİK ESDECER DEVRE YAKLAŞIMI

Yukarıda açıklanan biçimde iki seri bağlı sargıdan oluşan bir faz sargısından akım aktığında statorda dolaşım

akısı olamaz. Sargıları sarmalayan akının tümünün stator-hava aralığı-rotor-hava aralığı-stator yolunu eksene 1 olarak tamamladığı varsayılabilir. Mıknatısların bağıl geçirgenliğinin '1' olduğu varsayımıyla Şekil.4.deki magnetik eşdeğer devre çizilebilir.



Şekil 1.4. Magnetik eşdeğer devre

Bu eşdeğer devrede akı değeri

$$\Phi = F / (2R_m) \quad (D)$$

olacaktır. Hava aralığının relüktansı

$$R_m = g / [\mu_0 \pi (R_2^2 - R_1^2) / 2] \quad (2)$$

olacaktır. Burada g hava aralığı uzunluğu, R2 ve R1 sırasıyla toroid dış ve iç yarıçaplarıdır. Böylece akı-sarım

$$N\Phi = Li \quad (3)$$

bağıntısından yararlanarak 'i' fazı için özendüktans

$$L_{i,i} = [N^2 (R_2^2 - R_1^2) \mu_0] / (2g) \quad (4)$$

olarak elde edilir.

Makina n-fazlı olduğuna göre, birbirini izleyen fazlar $2\pi/n$ mekanik açıyla ayrılırlar. Fazlar arasındaki elektriksel açı ise, p kutuplu bir makinede, bu faz açısının $p/2$ ile çarpımı olacaktır. 'i' fasından sonraki fazların sırası 'q' ile gösterilirse, 'j' fazının 'i' fazına göre açısı

$$\theta_{mji} = q(2\pi/n) \quad (5)$$

$$\text{ve } \theta_{eji} = pq/2 \quad (6)$$

olacaktır. Bu açılar simetri eksenine göre (+) ya da (-) değerli olarak belirlenir, 'i' fazı sargısının akımının oluşturduğu ve kendini sarmalayan akı tepe değeri B^{\wedge} olduğuna ve akının faz

ekseninin her iki yanında $[-\pi/2, \pi/2]$ aralığında Şekil.5.deki gibi doğrusal değiştiğine göre, 6 faz farklı konumda

$$B_e = B_m (Tr/2 - |e_j|) / (Tr/2) \quad (7)$$

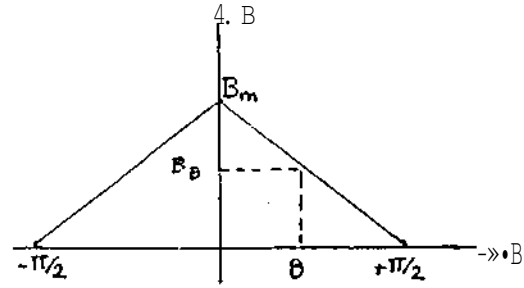
ya da (6) bağıntısı ile

$$B_e = B_m (1 - |4q/n|) \quad (8)$$

olur. Bu durumda fazlararası ortak endüktans özendüktansla belli bir oranın çarpımı olarak elde edilir:

$$L_{ij} = L_{ii} \cdot \alpha_{ij} \quad (9)$$

$$\alpha_{ij} = 1 - |4q/n| \quad (10)$$



Şekil 1.5. Akı yoğunluğu doğrusal değişimi

Böylece, örneğin 11 fazlı bir makina için Çizelge.1.i oluşturmak olanaklıdır.

Çizelge.1. i=1 için ortak endüktans katsayısı çizelgesi (11 fazlı makina)

A	B	C	D
1	0	1	11/11
2	1	4	7/11
3	2	7	3/11
4	3	10	-1/11
5	4	2	-5/11
6	5	5	-9/11
7	-5	8	-9/11
8	-4	11	-5/11
9	-3	3	-1/11
10	-2	6	3/11
11	-1	9	7/11

A: mekanik faz sırası (j)

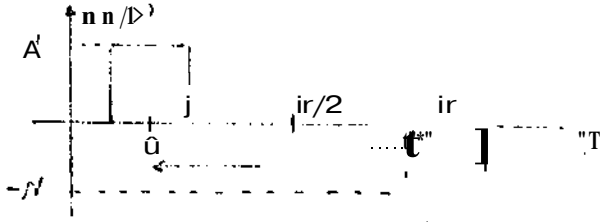
B: q değeri

C: elektriksel faz sırası

D: α_{ij}

4. HARMONİK MODEL YAKLAŞIMI

Stator fazı sargı dağılımı için bu dağılımı sargıya dağılımı şekli de verilmiştir.



Şekil 1.6. Stator 'k' fazı sargı dağılımı

Bu dağılım, bir harmonik dizisi açılışla gösterilebilir:

$$n_j(\theta) = \sum_{j=1}^{\infty} N_{mj} \sin[j(\theta - \epsilon_j)] \quad (11)$$

$$k_k < n, \quad \epsilon_k = 2(k-1)\pi/n$$

burada

$$N_{mj} = -j N_{skpjkfij} \cos j \epsilon_j$$

$$k_{pj} = \sin j \epsilon_j$$

$$k_{dj} = \sin j \beta / (j \beta) \text{ dir.}$$

Eğer '1' sargısı sinüs biçimli akımla beslenirse

$$i_{1_1}(t) = I_m \cos \omega t \text{ olur.} \quad (13)$$

Bu durumda MMK ise

$$f_{sl} = -j \sum_{j=1}^m N_{mj} i_{1_1}(t)$$

$$= h \sum_{j=1}^m \frac{N_{mj}}{j} (\cos(j\omega t + \epsilon_j) + \cos(j\omega t - \epsilon_j)) \quad (14)$$

biçiminde ileri ve geri yürüyen dalgalardan oluşacaktır. ileri ve geri dalga hızları

$$v_{f_i} = v_{b_j} = (\omega D) / (2j\pi) \quad (15)$$

elektriksel açısal frekans tanımı

$$\omega = p \omega_m / 2 \quad (16)$$

ve bu MMK dan kaynaklanan akı yoğunluğu

$$b_{s1} = \mu_0 f_{s1} / g \quad (17)$$

olursa k fazında endüklenen emk.

$$e_k = \int_0^{2\pi} n_k(\theta) \frac{d\theta}{dt} d\theta$$

$$= \left[\frac{W \mu_0 I_m D \omega}{2g} \right] \sum_{j=1}^m \left[\frac{N_{mj}}{j} \right] \sin(j\omega t + \epsilon_j) \quad (18)$$

$$[1, 2, \dots, (m/2)] \text{ için } \epsilon_j = 2(j-1)\pi/n$$

Mçirak -1. Jp edilar.

$$e_{1k} = L_{1k} (di_1/dt) \quad (19)$$

ve k fazı ile ortak endüktans

$$L_{1k} = \left[\frac{-W D^2 \mu_0}{2g} \right] \sum_{j=1}^m \left[\frac{N_{mj}}{j} \right]^2 \cos(j\epsilon_j) \quad (20)$$

$$\left[\sum_{j=1}^m \left(\frac{N_{mj}}{j} \right)^2 \cos(j\epsilon_j) \right] \quad (21)$$

olarak elde edilir. Burada

$$D = R_1 + r_2 \text{ (ortalama çap)}$$

$$W = R_2 - R_1 \text{ (etkin yüzey genişliği)}$$

$$S = \text{statorun rotor olan yan sayısı}$$

olarak tanımlanmıştır.

Bu bağıntılar diğer faz endüktansları için de geçerlidir,

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

Yukarıda adı geçen endüktansların ölçümleri için iki deneysel yöntem uygulanmıştır.

(a) Bir faza uygulanan akımın türevi ile diğer fazda endüklenen gerilim arasındaki ilişki dalga biçimleri olarak kaydedilmiş ve ortak endüktanslar hesaplanmıştır,

(b) Bir faza sinüs biçimli akım uygulanarak bu akımın ve diğer fazda endüklenen sinüs biçimli gerilimlerin etkin değerleri arasındaki ilişkiden elde edilen ortak endüktanslar ile uygulanan akımın frekansı kullanılarak ortak endüktanslar hesaplanmıştır,

özendüktans hesaplanırken akım uygulanan fazın faz açısı,dalga biçimleri, etkin güç ölçümü ve direnç ölçümü ile gözönüne alınmıştır.

6. UYGULAMA

Ek.A da özellikleri özetlenen bir makinanın birinci fazının özendüktansı ve diğer fazlarla olan ortak endüktansları önce (4) ve (9).(10) bağıntıları ile hesaplanmıştır.Daha sonra (20) ve (21) bağıntılarını değişik harmonik sayıları için uygulayabilen basit bir bilgisayar programından 53.harmonik için sonuçlar alınmıştır. Bu sonuçlar ile deneysel olarak yapılan ölçme sonuçları Çizelge.2 de sunulmuştur.

Çizelge.2. 1.fazın hesaplanan ve ölçülen endüktansları(/iH)

Lij	A	B	C	D
1-1	120.0	114.54	134.1	125.0
1-2	76.37	75.16	76.47	78.51
1-3	32.73	32.21	31.71	33.62
1-4	-10.91	-10.74	-10.82	-9.05
1-5	-54.55	-53.68	-52.53	-54.04
1-6	-98.18	-96.63	-100.0	-102.25
1-7	-98.18	-96.63	-100.0	-102.25
1-8	-54.55	-53.68	-52.53	-52.94
1-9	-10.91	-10.74	-9.47	-11.47
1-10	32.73	32.21	31.29	32.37
1-11	76.36	75.16	74.12	73.97

A: bir boyutlu eşdeğer magnetik devre yaklaşımı ile hesaplanan
B: harmonik modellerle hesaplanan
C: ölçme sonucu(gerilim/akım türevi)
D: ölçme sonucu(gerilim/akım etkin değerleri)

Bu sonuçlar incelendiğinde ve varsayımlar ile yaklaşıklıklar gözönüne alındığında, bu çalışmada önerilen ve uygulanan yöntemlerin yeterli doğrulukta ve iyilikte olduğu söylenebilir.

7. SONUÇ

Bu çalışmada,n-fazla toroid statorlu sürekli mıknatıslı senkron makinelerin endüktanslarının hesaplanması için gelişkin sayısal magnetik alan hesaplarına gerek olmadan iki basit yaklaşımın yeterli olacağı savlanmıştır.Tanımlanan yöntemler örnek bir makineye uygulanmış,ölçüm sonuçları ile karşı-

laştırılarak . mühendislik uygulamaları açısından yeterli doğruluğun elde edildiği gösterilmiştir.Yöntemler,tasarım ve çözümleme aşamalarında kullanıldıklarında kolay ve hızlı uygulama olanakları sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] S.A.NASAR,"An axial-airgap variable speed eddy-current motor", IEEETrans.,Vol.PAS-87,n.7,1968, pp.1599-1603
- [2] J.S.VARGA,"Magnetic and dimensional properties of axial induction motors'MEEE TRans. .Vol.EC-1.1986, pp.137-144
- [3] C.C.CHAN."Axial-field electrical machines,design and applications", IEEE Trans..Vol.EC-2.1987.pp.294 - 300
- [4] H.WEH,"Hochausgenutzte elektrische Maschinen mit Permanentmagneterregung",etz-A.Bd.4(1982),H.7.s.219 - 224
- [5] W.R.CANDERS,H.J.WAHLEN,H.WEH.. "Auslegung von Scheibenrotoren für hochtourige Synchronmaschinen mit Permanenterregung". EundM.B.100, H.2(1982). s.35 -42
- [6] N.M.RASH.E.SPOONER.D.HOWE," A permanent magnet alternator for use as an electrodynamic railway brake", Proc.2nd.Int.Conf.on Elect.Mach. Design. and Apps.. 1985. pp. 270-274
- [7] E.SPOONER.B.J.CHALMERS.'Toroidally wound.slotless,axial-flux, permanent magnet brushless DC motors", Proc.ICEM'88,1988,pp.81-86
- [8] D.PLATT/'Permanent magnet synchronous motor with axial flux geometry'MEEE Trans.Vol.MAG-25,n.4,1989 pp.3076-3079
- [9] E.SPOONER.B.J.CHALMERS." TORUS a slotless toroidal-stator permanent magnet generator'MEE Proc.-B.Vol. 139.n.6.1992.pp.497-506
- [10]D.PAVLIK.V.K.GARG.J.R.REPP.J.WEISS "A finite element technique for calculating the magnet sizes and

inductances of PM machines", IEEE Trans..Vol.EC-3.n.1.1988.pp.116 - 122

- [11]J.D"ANGELO.M.V.K.CHARI.P.CAMPBELL.
"Three dimensional finite element solution for a permanent raagnet axial-field machine'MEEE Trans.. Vol.PAS-102.n.1.1983,pp.83-90
- [12]N.A.DEMERDASH,T.M.HIJAZI,A.A.ARKA-DAN,"Computation of winding induc-tances of PM Brushless DC motors with damper windings by energy perturbation",IEEE Trans.,Vol.EC-3 n.3,1988.pp.705-713
- [13]S.A.NASAR, G.XIONG, "Determination of the field of a permanent magnet disk machine using the concept of magnetic charge'MEEE Trans.MAG-24 n.3.1988.pp.2038-2044

EK.A:ÖRNEK MAKİNA VERİLERİ

Stator: Toroid.Gramme Halka sargılı
Faz sayısı : 11
Kutup sayısı : 6
Stator dış çapı: 167 mm.
Stator iç çapı: 96 mm.
Rotor sayısı : 2
Faz sargısı sayısı : 22
Sargı sarım sayısı: 10
İletken çapı : 1.06mm.
Hava aralığı : 5mm.
Mıknatıs kalınlığı:5mm. (Nd-Fe-Bo)



Güven ÖNBİLGİN

1951 de Ankara 'da doğdu.
1969 yılında TED Ankara Kolejini bitirdi. 1973 de ODTÜ Elektrik-Elektronik Müh. Bölümünden Elk. Müh. (B.S),1977 de aynı bölümden Elk. Yük. Müh. (M.Sc) unvanlarını aldı.1973-77 arası TEK Gn. Md.lüğü Trafo Merkezleri Böl.de Proje Müh. olarak çalıştı. 1977-81 arasında İngiltere'de UMIST'de Doktora çalışmasını yaptı.1981 de Doktor (Ph.D) unvanını aldı. KTÜ'de 1981 de Dr. Asistan, 1982 de Yrd. Doç., 1987 de Doç. oldu. 1985 de LUT'de. 1989 da UWCC'de, 1990-91 de UMIST'de inceleme ve araştırmalar yaptı. Çalışma Ve ilgi alanları; Elektrik Makinaları, Güç Elektroniği, Sürücü Düzenekler ve Enerji Sistemlerinde Koruma ile bu konularda bilgisayar destekli tasarım ve denetim yöntemleridir.

CW CO₂ LASER Elektriksel Deşarj Parametrelerinin Belirlenmesi

Mehmet ALTUNKK, Kenan DANIŞMAN
Erçiyts Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 38090-KAYSERİ

Bekir Snni YILHAŞ
Knr Fnhl Üniversitesi Mühendislik Fnkültesi, DAIKAN

ÖZET

Bu bildiriye, bir CW-CO₂ Elektrik Deşarjlı Laser'in yüksek gerilimli güç kaynağının tasarımı öncesinde yapılan bir ön çalışmada kullanılan deney düzeneği tanımlanarak, farklı basınçlar altında ölçülen deşarj parametreleri, deşarj tüpünün voltamper karakteristiği ve deney amaçlı bir endüstriyel Laser için gerekli olan optimum parametreler verilecektir.

I. GİRİŞ

Elektrik Deşarjlı bir Sürekli Dalgalı (CW) CO₂ Laser'de maksimum seviyeli tersine birikimin elde edilmesi için gerekli olan elektrik ve gaz deşarjı, ortama tatbik edilen elektrikselsel giriş gücüne bağlıdır. Bu gücün çok yüksek olması Ark (Anormal Parıltı) deşarjına, çok düşük olması ise Karanlık bölge (Townsend) deşarjına sebep olmaktadır. Normal Parıltı (Glow) deşarjının oluşturulması, Laser ortamındaki basınç, kullanılan gaz türü ve oranları, elektrot malzemesinin türü, tüp çapı ve ortamın sıcaklığı ile ilgilidir. Bütün bu faktörlerin ideal kombinasyonlarından müteşekkil bir laser ortamında optimum gaz deşarjının elde edilebilmesi ise elektrikselsel deşarjı sağlayan güç kaynağının çıkış büyüklüklerine bağlıdır.

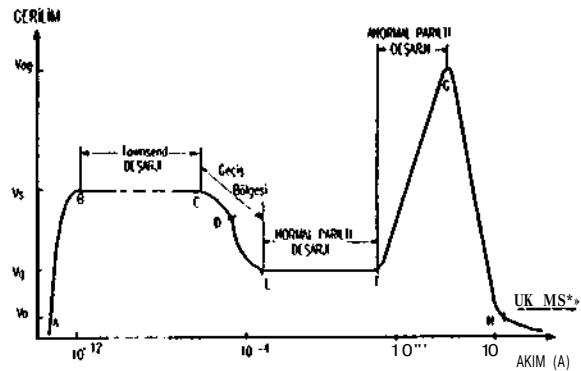
Elektrikselsel deşarjlar, deşarj akım şiddetine bağlı olarak Townsend, Parıltı ve Ark deşarjları olmak üzere başlıca üç türlü olup, bu deşarjlara ilişkin karakteristik eğri Şekil-1'de görülmektedir. Eğrideki A-B aralığı, Geiger sayaçlarının karakteristiğini teşkil eden, *karanlık deşarj bölgesi* 'dir [1]. Buradaki B-noktası, kıvılcım gerilimi (sparking voltage) olarak bilinen V_s noktasına karşı düşmektedir. *Townsend deşarj* bölgesinde (B-C aralığında) ise, V_s gerilimine bağlı olarak elektrotlar arasında gözle görülmeyen iyonizasyon akımları meydana gelir. C-D aralığında, kendiliğinden devam eden deşarjların h-ışlangıcı olan *zayıf parıltı* (faint glow) deşarjları başlar ve E noktasından sonra da, ışıklı deşarj tüpleri, floresan lambalar ve neon lambaların çalışma bölgesi olan *normal parıltı* deşarjları meydana gelir. Laser ortamındaki tersine birikim, daha yüksek akım ve güç yoğunluğuna sahip olan *anormal parıltı* deşarjı

başlangıcında (F) bulunan kritik bir bölgede elde edilmektedir. G-H aralığı, parıltı-ark geçiş bölgesi olup, deşarj akımı sınırlanmadığı takdirde, H noktasında deşarj gerilimi oldukça düşer (yaklaşık 20 V) ve bu noktadan itibaren *ark deşarjı* başlar. Bu noktadan sonra da akım sınırlanmazsa, yüksek ısı sebebiyle elektrot ve deşarj tüpünde termik tahribatlar meydana gelir.

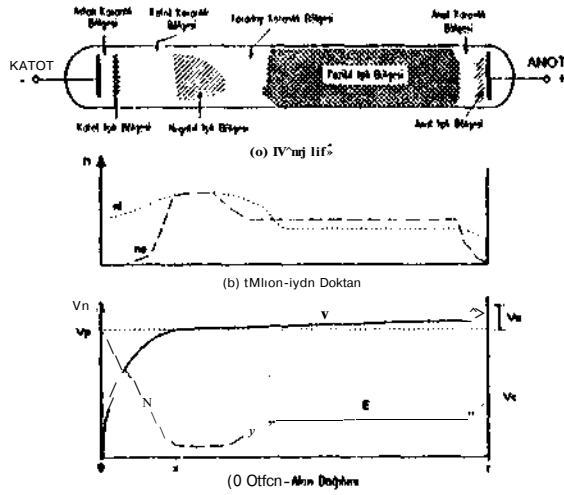
II. PARILTı DEŞARJININ KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ

Şekil-1'de görülen C noktasını aşacak büyüklükte bir deşarj akımı meydana geldiğinde, anot-katod arasındaki gerilim ani olarak V_s'den V_g değerine düşer ve normal parıltı deşarjı başlar (E-F aralığı). Normal parıltı deşarjı esnasında, deşarj ortamında bir çok aydınlık ve karanlık bölge meydana gelir (Şekil-2a). Aydınlık bölgelerin teşekkülü, elektrongaz atomu çarpışmasının bir sonucu olup, buradaki ışınım dalga boyları, çarpışmanın meydana geldiği bölgeye ve gaz türüne bağlı olarak değişmektedir.

Deşarj esnasında, tüp ekseninde peşpeşe meydana gelen aydınlık bölgeler, sırasıyla. Katot, Negatif (iyonizasyon), Pozitif (plazma) ve Anot ışık bölgeleri olup, bu bölgelerin arasında da Aston (Hitroff-Crooke), Katot, Faraday ve Anot karanlık bölgeleri bulunmaktadır. Pozitif ışık bölgesi, diğerlerine nazaran daha fazla yük yoğunluğuna sahip olup, daha geniş olan parıltı aralığı da,



Şekil-1: Gaz Deşarjının IV Karakteristiği



Şkil-2 : Parıltı Deşarjının Karakteristik Özellikleri

diğerleri gibi, tabakalar şeklindedir. Homojen olmayan elektron-iyon dağılımından dolayı, deşarj eksenı boyunca sabit olmayan bir iletkenlik yayılımı meydana gelir (Şkil-2.b). Bu sebeple sabit akımlı deşarjın çeşitli bölgelerindeki gerilim düşümü ve güç yoğunluğu dağılımı farklı olur. Uygulanan gerilimin büyük bir kısmı, *katod düşümü* (V_c : Cathode fall) olarak, katod levhası önündeki Aston karanlık bölgesindedir ve büyüklüğü, ortamdaki gazın cinsine ve katod malzemesi özelliğine göre değişmektedir. Şkil-2c'den görüleceği üzere, anot levhası önünde (V_a : anode fall) ve pozitif ışık bölgesi (V_p : plasma fall) üzerinde de, genliği V_c 'den küçük olan gerilim dağılımları meydana gelmektedir.

Parıltı bölgelerinin bağıl genişlikleri, gaz basıncına ve elektrotlar arasındaki mesafeye (deşarj uzunluğuna) bağlıdır. Basınç artırıldıkça pozitif ışık bölgesi katoda doğru genişler ve negatif ışık bölgesi de katoda doğru sıkıştırılır. Gaz basıncı deşarj uzunluğu ile ters orantılı olarak değiştirildiğinde, normal akım yoğunluğu (I_n), gaz basıncının karesi (P^2) ile artar ve 100 torr'un üzerindeki basınçlarda pozitif ışık bölgesi radyal olarak daralır. Parıltı deşarjı süresince deşarjı sürdüren gerilim sabit olduğundan, uygulanan gerilim $V_{11} = V_c + V_p + V_{11}$ şeklinde dağılır. Çok kısa mesafeli deşarjlarda ise $V_c > V_p + V_{11}$, olacağından, katod gerilim düşümü de anot-katod arasındaki gerilime eşit olur ($V_c = V_n$) [2]. Normal parıltı deşarjında, deşarj, katod bölgesini tamamiyle kuşatamaz. Akımı artırıldıkça deşarj bölgesi de genişleyeceğinden, T_n ve V_n sabit kahr. Normal deşarj akımı (I_n), Şkil-1de görülen F noktasının üzerinde bir değere çıkartıldığında, deşarj katodu tamamen kuşatmaya başlar (Anormal parıltı deşarjı). Yük yoğunluğunun (J_n) artması halinde, katod bölgesindeki anormal parıltı deşarjı da artacağından, bu bölgedeki alan şiddeti ile birlikte,

gerilim (V_{can}) de büyür. V_{can} ve J_{Bj} 'ın artması ise, katod yüzeyi ve gaz ortamın daha fazla ısınmasına sebep olacaktır.

1 ila 10 torr aralıktaki basınç ve $V_{can} = V_{r11}$ mertebesindeki katod düşümlü deşarjlarda, enerjinin yaklaşık %4ü'ü ısı enerjisi olarak ortamda (Q_{2nj}) harcanır. Ayrıca pozitif iyon bombardımanı ve elektron-iyon birleşmesinin (recombination) bir sonucu olarak, katod saçılması meydana gelir ve zamanla katod yüzeyi aşırır. Katod saçılmasından dolayı buharlaşan elektrot malzemesi, zamanla deşarj tüpü yüzeyinde birikerek, yüzeyde iletken bir tabakanın teşekkülüne sebep olur. Dolayısıyla tüpün optik verimi düşer ve tüp yüzeyinde istenmeyen sızıntı akımları meydana gelir. Bu sebeplerden dolayı bir ortamdaki deşarj akımının belirli bir üst seviyede sınırlandırılması gerekir.

Çapı 5 cm ve basıncı 6 torr olan bir CO_2 laser tüpü için optimum deşarj akımı 100-125 mA arasındadır [3]. 2.5 cm çap ve 10 torr basınç altındaki bir lüptü ise, bu akım değeri yaklaşık 80 mA civarındadır. 6-7 torr basınç altında, 3 m uzunluktaki 5 cm çaplı bir tüp içerisinde 100-125 mA'lık deşarj akımı sağlamak için, seri bir balast (akımı sınırlama) direnci kullanılarak, 12-15 kV arasında bir V_n geriliminin uygulanması yeterlidir.

III. DEŞARJ GÜÇ YOĞUNLUĞU PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Elektriksel deşarja ait güç yoğunluğu ifadesi,

$$P_d = J \cdot I = e \cdot n_e \cdot v_d \cdot L \quad (1)$$

dir [4]. Burada J akım yoğunluğu, I elektrik alan, e elektron yükü, n_e elektron yoğunluğu ve v_d elektron sürüklenme hızıdır. Nötür gazlardaki çarpışmalara bağlı momentum değişimi ile elektrik alan etkisiyle elektrona tatbik edilen kuvvetler eşitlenerek, güç yoğunluğu,

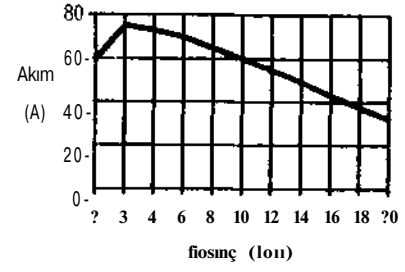
$$V_d = n_e \cdot N \cdot (E/N)^2 \quad (2)$$

olarak da ifade edilebilir. Burada E/N elektronun sürüklenme hızı ve N gaz yoğunluğudur. Yüksek vibrasyonel uyarma verimi ve deşarj stabilizasyonu, E/N oranının bir fonksiyonu olup, bazen, E/N olarak, gerilim gradyanının mutlak gaz basıncına oranı şeklinde de tanımlanabilmektedir [5]. Normal parıltı deşarjındaki gaz basıncı ile akım yoğunluğu arasında,

$$J_n = n_e \cdot I_n^b \quad (3)$$

Tablo-1 : Gaz ve Elektrotlara ait a ve b Katsayıları

K	Gaz	Elektrot Malzemesi						
		Al	Zn	Cu	Fe	Ag	Au	Pt
•	H ₂	0.140	0.120	0.125	0.140	0.125	0.150	0.125
	N ₂	0.225	0.240	0.350	0.325	0.260	0.225	0.290
	Ne	0.008	0.006	0.024	0.026	0.021	0.019	0.011
b	H ₂	2.05	1.94	1.86	1.89	1.86	1.80	1.90
	N ₂	2.02	1.91	1.75	1.77	1.75	1.87	1.85
	Ne	1.50	1.83	1.06	1.38	1.001	1.14	1.30



Şekil-3 : Akımın Basınçla Değişimi

ampirik bağıntısı vardır [6]. Buradaki a ve b, ortamda kullanılan gaz ve elektrot malzemesine ilişkin katsayılarıdır. Gaz-elektrot kombinasyonuna bağlı a ve b katsayıları Tablo-1'de, deşarj akımının basınçla değişimi de Şekil-3'de görülmektedir. Şekil-3'den, 3 torr ile 2ü torr aralığındaki basınç değişiminin akım ile ters orantılı olduğu ve 3 torr'un altında da akımın basınçla birlikte azaldığı görülmektedir.

Parametre değerlerini bulunması için Alüminyum elektrot ve N₂ gaz kombinasyonuna ilişkin katsayılar (3) ifadesinde yerine konularak, gaz basıncı minimum 2.48 (-3) torr olarak bulunur. Kullanılacak tüpün çapı r=30 mm olduğundan [7], $10 < I_n < 100$ mA aralığındaki normal parıltı akımı için de deşarj akım yoğunluğu $1.42 < J_n < 14.2$ mA/cm² olarak hesaplanır. Herhangi bir T (°K) sıcaklığı ve l» (mm Hg) gaz başmandaki molekül yoğunluğu, ideal gaz durum denkleminde yerine konularak elde edilen,

$$N = 9.657 \times 10^{16} \cdot P/T \quad (4)$$

iradesi ile hesaplanır (8). Deşarj öncesi sıcaklığı T_b=300°K ve ortalama sıcaklık T_n=773°K olarak kabul edildiğinde, molekül yoğunluğu (çşitlik-4'den) $3.74 \times 10^{16} < N < 9.657 \times 10^{16}$ mol/cm³ olarak bulunur. $10 < I_n < 100$ mA'lık bir deşarj akımı dahilindeki elektron yoğunluğu $7.8 \times 10^{13} < n_1 < 7.8 \times 10^{14}$ e/cm³, r/P oranı da 1.5×10^{-11} ila 6×10^{-16} V.cm² mertebesinde [7]. Bu deşarj parametreleri çşitlik-2'de yerine konularak, minimum basınç (3 torr) için deşarj güç yoğunluğu,

$$65.7 \text{ mW/cm}^3 < P_{\text{dmin}} < 2.7 \text{ W/cm}^3$$

bulunur.

Dizayn parametreleri hesaplanan CW-CO₂ laser'in ortalama elektron enerjisi 1.63 eV olarak seçilmiş ve optimum uyarma şarlı için giriş güç yoğunluğu

$$P_{\text{dop}} = 1 \text{ W/cm}^3$$

bulunmuştur [7].

1 W/cm³ güç yoğunluğu ve minimum gaz basıncı referans alınarak, eşitlik-1 yardımıyla, elektrik alan şiddeti $70.68 < i < 7(X):86$ V/cm olarak bulunur.

Deşarj tüpünün hacmi V=719.68 cm³ olduğundan, optimum elektriksel giriş gücü I_{h op}=790 W ve optimum deşarj gerilimi de V_{d op}=7.9 kV olarak hesaplanır. Deşarj gerilimi, kıvılcım geriliminin %80'i civarında olduğundan, deşarjın başlaması için gerekli uyarma gerilimi V_s=10 kV mertebesinde olacaktır.

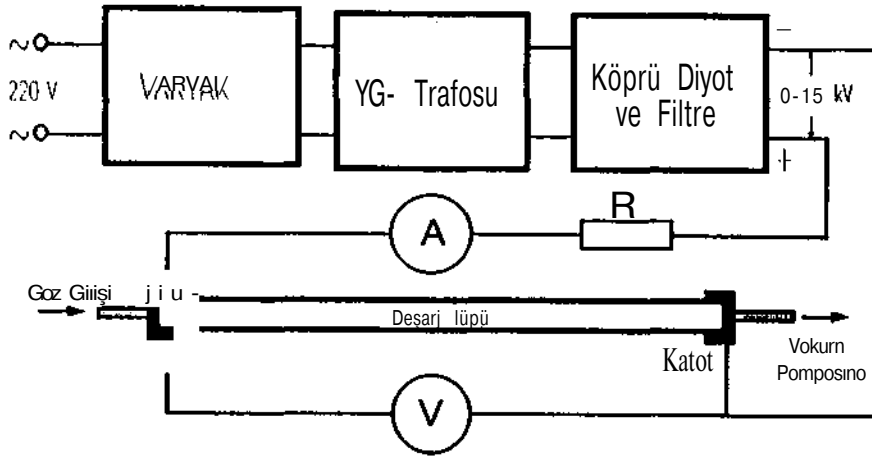
IV. ELEKTRİKSEL PARAMETRELERİN ÖLÇÜLMESİ

Hesaplanarak bulunan deşarj parametrelerinin deneysel sonuçlarının elde edilmesi amacıyla, Şekil-4'de görülen ölçme düzeni kurulmuştur. Ölçme düzeninde kullanılan güç kaynağı, 30 mA akımla, çıkış gerilimi 0-15kV arasında ayarlanabilen 450 W gücündedir. Çıkış gerilimi ve akımın ayarlanabilmesi için yüksek gerilimli doğrultucunun besleme gerilimi bir varyak üzerinden alınmıştır. Devredeki yüksek gerilim transformatorünün dönüştürme oranı 11=45 ve sekonder gerilimi 10kV'tur. Ölçme devresinde ise gerilim bölücü olarak girişine yüksek gerilim probu (akımlı bir DVM (Sayısal voltmetre), bir de mili-amper metre (100 mA) ve 20 kn'luk bir akım sınırlama direnci bulunmaktadır.

Ölçme işlemine başlarken önce, deşarj tüpünün havası bir vakum pompası ile boşaltılarak, lüpün gaz girişindeki bir iğne valf ile, ortam basıncı 10 torr'da sabit tutulmuştur. Daha sonra güç kaynağı çıkışı 15 kV'a kadar artırılarak Tovnsend deşarjına ilişkin akım ve gerilim değerleri ölçülmüş, ancak güç kaynağından yeterli çıkış akımı sağlanamadığından dolayı, parıltı deşarjı elde edilememiştir. Parıltı deşarjı, gaz basıncı ancak 5 torr'a düşürüldüğünde

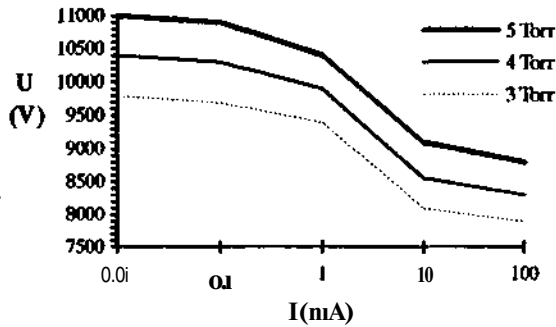
Tablo-2: Ölçülen Deşarj Parametreleri

p (torr)	Tovnsend Deşarjı		Parıltı Deşarjı	
	V, (kV)	M (HA)	V _{rfn} (kV)	I _{in} (mA)
3	1-9.8	* 1-100	7.9	23-25
4	1-10.4	1-115	8.3	25
5	1-11	1-140	8.8	25



Şekil-4 : Elektriksel Deşarj Parametrelerinin Ölçümünde Kullanılan Ölçme Düzenegi

katot-anot arasında pcmb'e den mor'a doğru değişen karakteristik bir renk dağılımı şeklinde meydana gelmiştir. Daha sonra kademeli olarak 3 torr'a kadar basınç düşürülmüş ve Tablo-2'de verilen elektriksel parametreler ölçülmüştür. Tablodaki değerlere göre hazırlanan deşarj tüpünün akım-gerilim karakteristik eğrileri Şekil-5'de gösterilmiştir.



Şekil-5 : Deşarj Tüpünün Volt-Amper Karakteristiği

V. DEĞERLENDİRME

Teorik inceleme ve deneysel çalışma sonuçları karşılaştırıldığında, aralarında önemli bir fark olmamakla birlikte, gerek anormal parlıltı deşarjı başlangıcına yeter büyüklükte besleme akımı sağlanamayışı, gerek ölçümlerin optik geribesleme yapılmadan gerçekleştirilmesi sebebiyle, ölçülen deşarj gerilimi V_{in} , gerçek değerinden farklıdır. Ancak Tovnseâtd deşarj bölgesinde ölçülen V_g kıvılcım gerilim değeri gerçeğe yakın bir değerdedir ve dolayısıyla tasarlanacak CW-CO₂ güç kaynağının $V_s > 10$ kV'luk bir gerilim altında $I_n = 100$ mA'lık bir akım beslemesi gerekir.

1102

VI. SONUÇ

Bu çalışmada 3 cm çap ve 112 mm uzunluğundaki bir CW CO₂ laser tüpü için gerekli elektriksel deşarj parametreleri bulunmuştur.

Yukarıdaki incelemelere göre, 10 torr basınç altında ve 1 W/cm³ güç yoğunluğundaki bir CW CO₂ laser sisteminde kullanılacak güç kaynağının $V_{dc} > 10$ kV çıkış gerilimi altında $10 < I_{dc} < 100$ mA arasında ayarlanabilir çıkış akımı vermesi ve optimum $P_{op} > 1$ kW'lık çıkış gücü sağlaması gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] MİLLMAN, J., SEELY, S., "Electronics: Fundamental Processes in Gases", McGraw Hill Book Co., Inc., NY-1951
- [2] LOH, N.L., "Plasma Nitriding and the Fatigue Properties of 722M27 Steel", Univ. of Liverpool, Dept. of Metallurgy & Material Science, UK-1980
- [3] DULEY, W.W., "CO₂ Lasers Effects and Applications", Academic Press, London-1976
- [4] CENTER, R., "High-power Efficient Electrically-excited CO Lasers", Laser Handbook, Vol.3, North-Holland Pub.Co., Amsterdam-1986

- [5] CHERRINGTON, B.E., "Gascous Electronics and Gas Lasers", Pergaman Press Ltd., Oxford-1980
- [6] GEPPERT, D.V., "Basic Electron Tubcs: Glow-Discharge ", McGraw Hill Book Co., NY-1951
- [7] DANIŞMAN, K., "CW-CO₂ Lascr Dizaynında Elektronik Yapının İncelenmesi", Doktora Tezi, Erciyes Univ., Fen Bilimleri Enst., Kayseri-1989
- [8] ALTUNER, M., "Bilgisayar Kontrollü Modüler CW CO₂ EDL Elektronik Sisteminin Tasarlanarak Gerçekleştirilmesi", Doktora Tezi, Erciyes Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Ocak-1992



Kenan DANIŞMAN 1961 yılında Denizli'nin Tavas ilçesinde doğdu. Yüksek Lisans eğitimi 1986'da ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik anabilim dalında, Doktora eğitimini de 1989 yılında Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Elektronik anabilim dalında tamamladı.

İlk görevine 1982 yılında Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak başladıktan sonra, 1987'de öğretim görevlisi, 1989'da da öğretim üyesi oldu. 1992 yılında Doçent unvanı alan K. DANIŞMAN, aynı fakültede Elektronik Müh. bölüm başkanı olarak görevini sürdürmektedir.

Opto-elektronik, Gaz ortamı ve Lascr elektroniği konularında çalışmaktadır.



Mehmet ALTUNER 1958 yılında Kayseri'nin Talaş ilçesinde doğdu. Yüksek Lisans eğitimini 1987 yılında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik anabilim dalında, Doktora eğitimini de 1992 yılında Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enst.

Elektronik anabilim dalında tamamladı.

İlk görevine 1985 yılında Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak başladıktan sonra, 1987'de öğretim görevlisi, 1992'de de öğretim üyesi oldu. Halen aynı fakültede Elektronik Müh. Böl. Bşk. Yrd. olarak görevini sürdürmektedir.

Güç Elektroniği, Elektrik Makinalarının Elektromekanik kumandası, Endüstriyel Elektronik, Laser ve Enstrumantasyon Elektroniği konularına ilgi duymakta olup, halen yüksek gerilimli Laser güç kaynakları ve plazma elektroniği konularında çalışmaktadır.-



Bekir Sami YILBAŞ 1954 yılında Tarsus'da doğdu. Yüksek Lisans eğitimi 1978 yılında, Doktora eğitimini de 1981 yılında Birmingham Üniversitesi Makina Mühendisliği Fak.'nde tamamladı.

1986'da Doçent, 1991'de de Profesör olan YILBAŞ'ın, Termodinamik, Laser ışınımının metal üzerine etkileri, Gaz ortamı ve Laser elektroniği konularında yüzden fazla uluslararası yayını mevcut olup, halen Dahran'daki King Fahd Üniversitesinde misafir öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.

Bilgisayar Destekli Vakum Pompası Güç Kontrol Sisteminin Tasarımı

Mehmet ALTUNER, Kenan DANIŞMAN
Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 38090-KAYSERİ

Hebir Sami YILBAŞ
Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, DMI KAN

ÖZET

Bu bildiri bir CO₂ lazer vakum pompasının bilgisayar destekli kumanda devresi tasarlanarak, gerçekleştirilen güç kontrol sistemi ve bilgisayar arabağlaşım ünitesi tanıtılmaktadır.

T. GİRİŞ

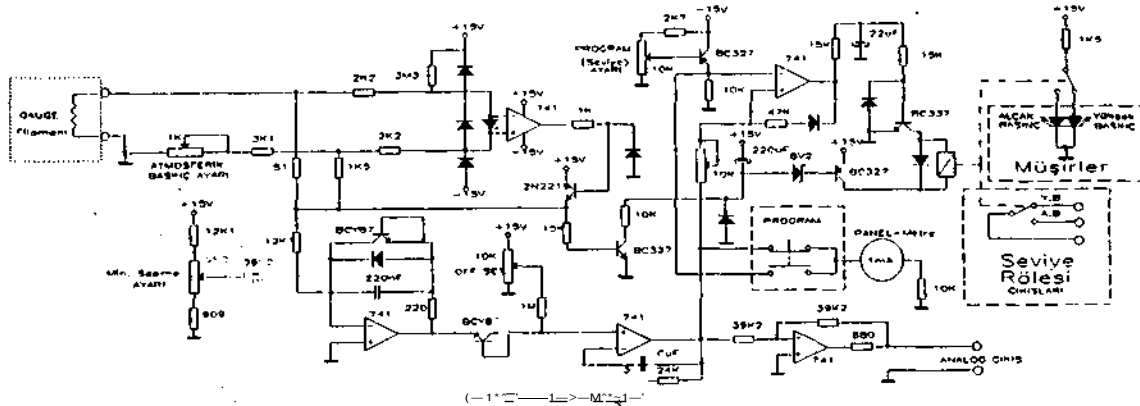
Lazer Araştırma Laboratuvarlarında yapılan plazma ve deşarj olayı ile ilgili deneylerle çeşitli deşarj olaylarının incelenmesi için gereken önemli bir husus, plazma ortamındaki gaz basıncının değiştirilebilmesidir. Bu amaçla ortamdaki vakum miktarının ölçülerek, bilgisayara geri beslenip, referans değer ile karşılaştırılması ve vakum pompa motoru ve gaz girişindeki iğne valf için gerekli kontrol işaretinin üretilmesi gerekir. Bu esnada vakum ortamına tatbik edilen yüksek gerilimden dolayı, geri beslenen işaretin de elektriksel bakımdan izole edilmesi gerekmektedir.

Lazer'in çalışması sırasında elektrik kesintisi meydana geldiğinde veya vakum pompası motoru devre dışı kaldığında, lazer tüplerinin vakum pompası ile olan irtibatının kesilmesi gerekir. Aksi takdirde vakum pompasının soğutma haznesinde bulunan yağ, vakum etkisiyle tüp içerisine çekilerek,

ortamı kirletecektir. Dolayısıyla lazer sistemindeki tüp, ayna ve körük gibi bütün parçaların sökülerek, yağdan arındırılması gerekir. Neredeyse lazer sisteminin yeni baştan kurulup, bir çok ayar işleminin yeni baştan yapılmasını gerektiren bu tür bir olayla karşılaşılması için tedbir alınması gerekir. Bu amaçla vakum pompası devre dışı kaldığında bir vakum tahliye valfinin açılarak, plazma ortamındaki basıncın atmosfer seviyesine çıkartılması gerekir.

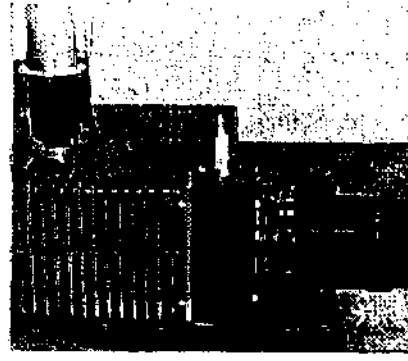
II. VAKUM ÖLÇME DÜZENİ

Vakum seviyesinin ölçülmesi için Alcacl marka CA-111 serisi bir vakum manometresi ve vakum sensörü olarak PI-3C Pirani Gauge kullanılmıştır. Pirani gauge, elektrik akımı ile ısıtılan 10 mikron çapındaki bir tungsten filamentten müteşekkildir [1]. Bu tel üzerinde meydana gelen ısı kaybı, ortamdaki basıncın bir fonksiyonu olduğundan, basınç, elektriksel bir büyüklük olarak ölçülebilmektedir. Prensip olarak, uygulanan elektrik akımı ile filament sıcaklığı yaklaşık 130°C noktasında sabit tutulmakta ve flaman uçlarındaki gerilim ölçülmektedir. Normal atmosfer altında flaman uçlarındaki gerilim bilindiğinden, bu değer ölçülen gerilime oranından ortam basıncı ortaya çıkmaktadır.



Şekil-1: Vakum Ölçer Uygulama Devresi

üzerinden laser elektronik sisteminin denetiminde kullanılan çeşitli giriş ve çıkışları gösteren bir blok diyagram yer almaktadır. Sistemin otomatik kontrolü için Z80 mikroişlemci tabanlı bir PC Bilgisayar seçildiğinden [2], blok diyagramdaki PIO ünitesi ZSO-PIO'ya ait temel uygulama devresidir. IBM uyumlu bir PC için bu blok devre yerine optik izolasyonlu giriş-çıkış özelliğine haiz tipik bir LAB-CARD (arabağlaşım kartı) kullanılabilir.

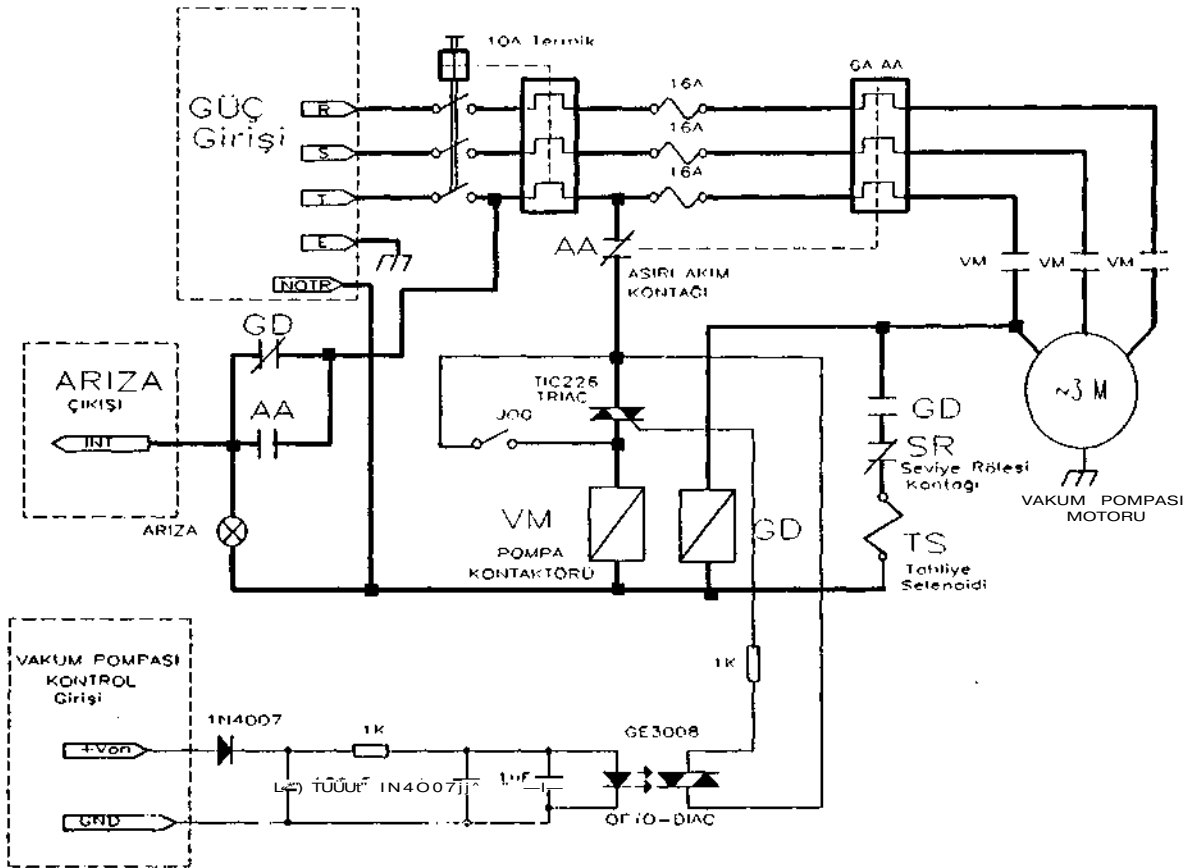


Şkil-5 : Vakum Pompası

IV. VAKUM POMPASI GÜÇ DEVRESİ

Laser sisteminde kullanılan vakum pompasının (Şkil-5) tahriki, 2,2 kW, 5,2 A ve 380 V anma değerlerindeki sincap kafesli bir asenkron motorla sağlandığından, motorun güç devresinde manyetik-termik korumalı bir 3Ö-2S (3'ü normalde açık, 2si normalde kapalı) kontakör kullanılmıştır. Elektrik kesintisi, termik şalterin motor devresini açması veya motorun arıza yapması gibi istenmeyen durumlarda, plazma ortamındaki basıncın tahliye edilmesi gerektiğinden, pompa motorunun güç devresine bir gerilim dedektörü (GD) yerleştirilmiştir. Bu dedektör aslında 220 V'luk bir röle olup, kontakları, vakum ölçme devresindeki seviye rölesi kontaklarıyla

birlikte laser güç kaynağı kumanda devresine bağlanmıştır. Ortamdaki vakumun tahliyesi için kullanılan normalde kapalı üç yollu ve iki konumlu selenoid valfin (TS) normalde kapalı girişi laser sisteminin gaz ($CO_2:N_2:He$ karışımı) girişine, valfin normalde açık girişi de laser tüplerinin gaz girişi tarafında bulunan iğne valfine bağlanmıştır. Selenoid enerji verildiğinde normalde açık yol kapanarak, laser ortamına gaz karışımı gönderilmekte, valf enerjisi kesildiğinde de ortamın



Şkil-6 : Vakum Pompası Motorunun Otomatik Kontrol ve Güç Devresi

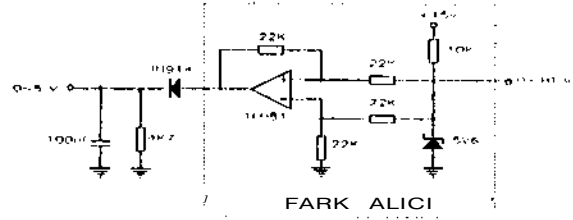
10³ ila 1000 nıbar sahasında ölçme yapabilen vakum ölçerin uygulama devresi Şekil -1 'de görülmektedir. Devre çıkışında bir analog ölçme çıkışı ve bir basınç seviye rölesi kontağı mevcuttur. Ölçülen basınç, program ayan ile set edilen referans basınç değerine ulaştığında seviye rölesi enerjilenerek kontakları durum değiştirmektedir. Vakum pompa motorunun kurnanda devresine bağlı bulunan röle kontakları, aynı zamanda vakum tahliye valfini de denetlemektedir.

Çevirme katsayısı 10 μ V/mbar olan ölçme devresinin analog çıkışından 0 ila 10 V arasında, basınçla orantılı bir ölçü gerilimi sağlanmaktadır. Bilgisayar girişine bağlanabilmesi için, analog çıkıştan en fazla 5 V'luk bir gerilimin alınması gerekir. Bu amaçla, önce bir gerilim bölücü ile çıkış gerilimi lepe değerinin 5 Va düşürülmesi, sonra da bir A/D çevirici ile analog büyüklüğün sayısal forma dönüştürülmesi gerekir.

III. BILGISAYARLA ARABAÖLAŞIM

Vakum ölçer analog çıkışındaki gerilimin bir gerilim bölücü ile bölünmesi durumunda, ayırdedebilme duyarlılığı 19.5 nV olan 8 Bit'lik bir A/D çevirici ile, ölçülen basınç 3.9 mbar/bit olarak dönüştürülebilecektir. Ancak kodlanan bu veri aralığı oldukça büyük olacağından, daha hassas bir kodlama yapılması gerekir. Laser sistemi için öngörülen basınç aralığı 1 mbar'ın üzerinde olduğundan [2], bu basınç aralığındaki vakum ölçer analog çıkışı 5 - 10 V arasında olacaktır. Bu gerilim aralığı seçildiğinde, vakum ölçer analog çıkış genliğinin tepe değerinin düşürülmesi için bir gerilim bölücü yerine, bir fark alıcı devresinin kullanılması gerekecektir.

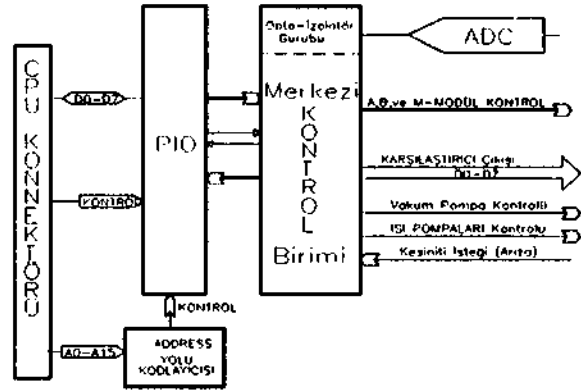
1 mbar ila 1 nbar arası basınca tekabüle eden analog çıkış gerilimi, Şekil-2'de gösterilen fark alıcı devresi ile 0 - 5 V aralığına çekilmek suretiyle, A/D çeviriciye uygulandığında, çeviriciden 3.9 nbar/bit



Şekil-2 : Fark Alıcı Uygulama Devresi

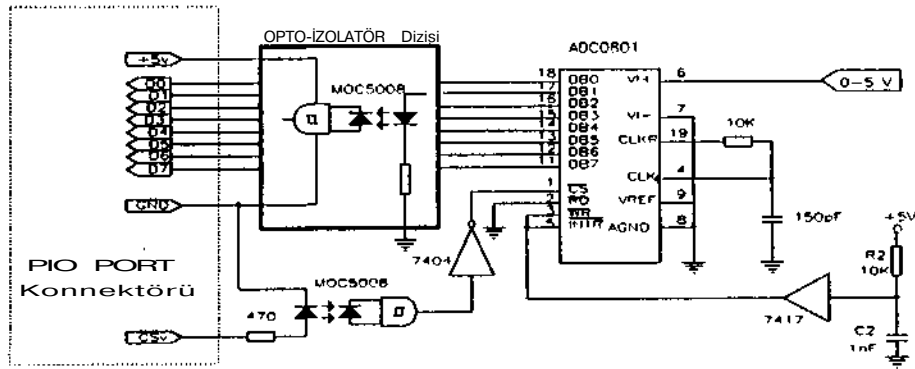
hassasiyetinde kodlu çıkış bilgisi alınabilecektir. Şekil-2'deki fark alıcı çıkışında bulunan diyot elemanı A/D çeviriciyi negatif çıkış gerilimlerine karşı korumaktadır. Diyot elemanının iletim gerilimi 0.6 V olduğundan, bu fark gerilimini karşılamak üzere fark alıcı devresinin referans girişindeki zener diyodun gerilimi 5.6 V olarak seçilmiştir.

Fark alıcı çıkışındaki analog işaretin sayısal forma dönüştürülmesi için 8 Bit'lik ADC 801 A/D çeviricisi kullanılmıştır. Elektriksel bakımdan izolasyonu sağlamak üzere, A/D çevirici ile bilgisayar port'u arasında MOC 5(X)8 serisi opto-izolatör dizisinden faydalanılmıştır. Şekil-3'de opto-izolatör çıkışlı A/D çeviriciye ait temel uygulama devresi görülmektedir.



Şekil-4 : Bilgisayar Arabağlaşım Blok Devresi

Şekil-4'de de, PIO (Paralel Giriş - Çıkış) port'u



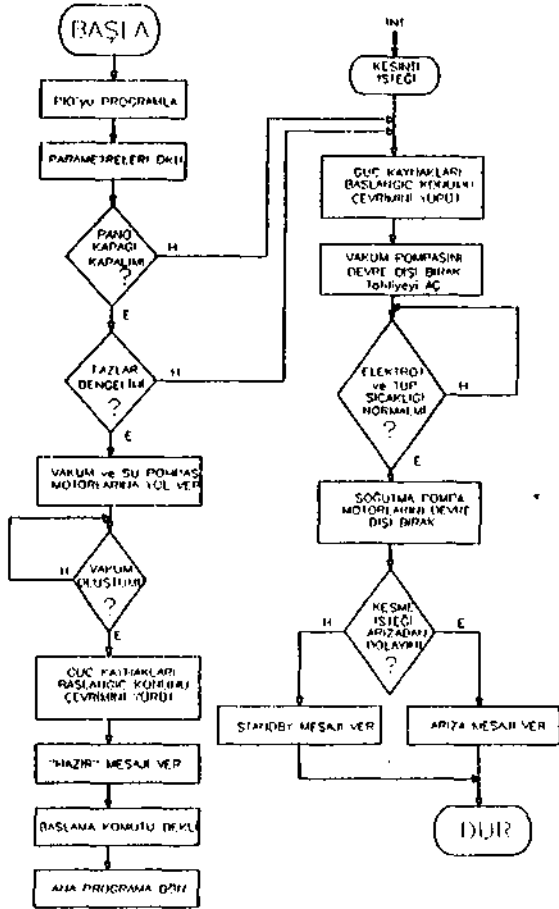
Şekil-3 : Opto-izolatör Çıkışlı A/D Çeviricinin Temel Uygulama Devresi

basıncı TS'nin tahliye çıkışından boşaltılmaktadır.

Uygulamada kullanılan elektronik mekanik kumanda ve güç devresi Şekil-6'da görülmektedir. Kumanda deresinin merkezi koni rol birimi ile iribalı opto-diyak kullanılmak sureliyle izole edilmiştir. İstenirse Tiyyak ve opto-diyak ikilisi yerine, güç transistörü anahtarlamalı bir röle elemanı kullanılmak sureliyle pompa motoru kumanda konaktörüne (VM) kumanda edilebilir. Kumanda devresi arıza çıkışının merkezi kontrol arabaglaşımında da Neon lamba ve foto direnç ikilisi (opto-LDR) kullanılarak, heriki devre arasında elektriksel bakımdan izolasyon sağlanmıştır.

V. SİSTEMİN YAZILI MI

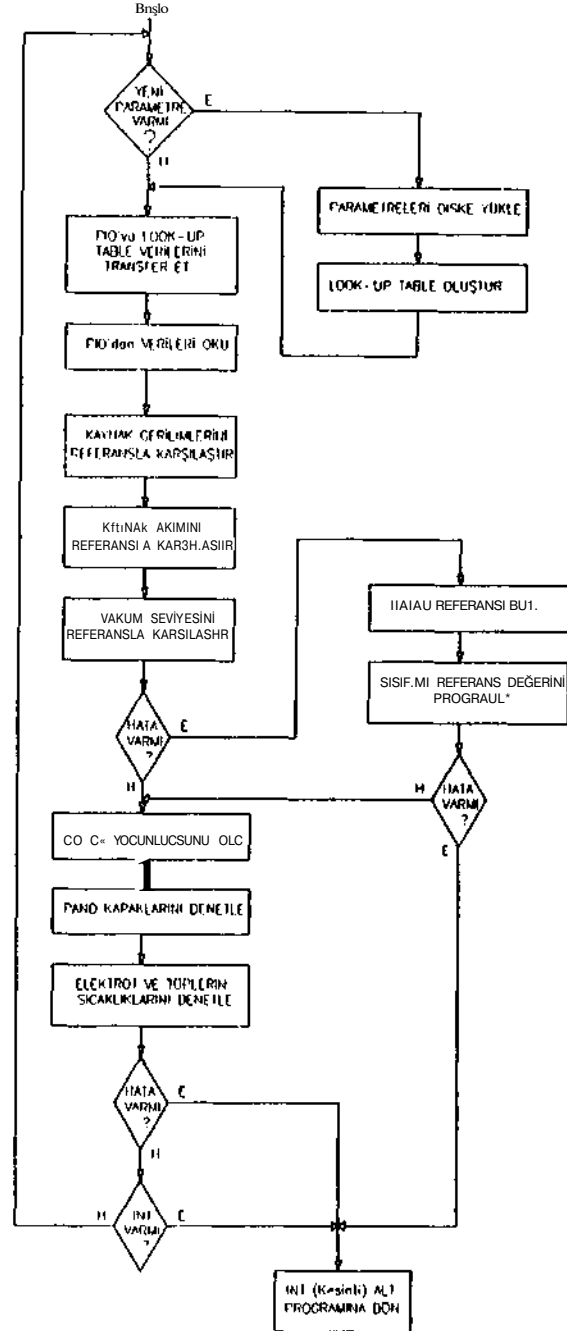
Yazılımın vakum pompa motorunun denetimine ilişkin kısmı, çevre birimlerinin başlangıç şartlarına göre kontrol ve koordinasyonunu yürüten bir alt programdır. Bu yazılım ile PIO po Harının programlanması, laser güç kaynağı panel kapaklarının kapalı olduğunun izlenmesi, vakum pompası ve soğutma pompalarına yol verilmesi gibi



Şekil-7 : Çevre Birimleri Denetimi ve Kesinti Programı Akış Diyagramı

bazı başlangıç çevrimleri yürütülmektedir. Başlangıç çevrimleri sonunda, laser ortamındaki vakum seviyesinin referans değere ulaşmasına değin program kesintiye uğratılır. Daha sonra laser güç kaynakları başlangıç konumu çevrimine sokulur [2] ve laserin çalışması için "Başla" komutu beklenir.

Şekil-7'de, çevre birimlerinin denetimine ilişkin akış diyagramı görülmektedir. Akış diyagramında gösterilen "INT" kesme girişinden herhangi bir kesinti isteği geldiğinde; güç kaynaklarını başlangıç çevrimine sokmak, vakum pompa motorunu ve



Şekil-8 : Ana Programa ait Akış Diyagramı

yeterli soğutma sonunda da soğutma suyu devir-daim pompalarını devre dışı bırakmak gibi çevrimler yürütülmektedir.

Akış diyagramı Şkil-8'de gösterilen ana işletim programı ile de vakum seviyesi, soğutma suyu sıcaklığı, CO gaz kaçağı, palzma akımı ve gerilimi gibi çeşitli ölçme çevrimleri yürütülmekte, kesinti gerektiren şartlarda da yazılım kesinti alt programına geçilmektedir.

VI. SONUÇ

Bu çalışmada laser ortamındaki basıncı 1 μ bar'a kadar düşürebilen bir vakum pompasının bilgisayar destekli güç kontrol sistemi tanıtılmaya çalışılmıştır. Gerçekleştirilen uygulama devreleri yavaş akışlı, sürekli ışınımlı bir CO₂ lasere tatbik edilmiş ve istenilen şartlarda bir çalışma elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] ALCATEL, "CA101 & CA111 Vacuum Gauge Instruction Manual", Alcatel Vacuum Products Inc., USA-1986
- [2] ALTUNER, M, "Bilgisayar Kontrollü Modüler CW CO₂ EDL Elektronik Sisteminin Tasarlanarak Gerçekleştirilmesi", Doktora Tezi, Erciyes, Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Ocak-1992



Mehmet ALTUNER 1958 yılında Kayseri'nin Talaş ilçesinde doğdu. Yüksek Lisans eğitimini 1987 yılında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik anabilim dalında, Doktora eğitimini de 1992 yılında Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Ensl.

Elektronik anabilim dalında tamamladı.

İlk görevine 1985 yılında Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak başladıktan sonra, 1987'de öğretim görevlisi, 1992'de de öğretim üyesi oldu. Halen aynı fakültede Elektronik Müh. Böl. Bşk. Yrd. olarak görevini sürdürmektedir.

Güç Elektronik, Elektrik Makinalarının Elctro-mekanik kumandası, Endüstriyel Elektronik, Laser ve Enstrumantasyon Elektronik konularına ilgi duymaıua olup, halen yüksek gerilimli Laser g'ic kaynaklan ve plazma elektronik konularında çalışmaktadır.



Kenan DANİŞMAN 1961 yılında Denizli'nin Tavas ilçesinde doğdu. Yüksek Lisans eğitimini 1986'da ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik anabilim dalında, Doktora eğitimini de 1989 yılında Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Elektronik

anabilim dalında tamamladı.

İlk görevine 1982 yılında Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak başladıktan sonra, 1987'de öğretim görevlisi, 1989'da da öğretim üyesi oldu. 1992 yılında Doçent unvanı alan K. DANİŞMAN, aynı fakültede Elektronik Müh. bölüm başkanı olarak görevini sürdürmektedir.

Opto-ctektronik, Gaz ortamı ve Laser elektronik konularında çalışmaktadır.



Bekir Sami YILBAŞ 1954 yılında Tarsus'da doğdu. Yüksek Lisans eğitimini 1978'de, Doktora eğitimini de 1981'de Birmingham Üniversitesi Makina Mühendisliği Fakültesinde tamamladı.

1986 yılında Doçent ve 1991'de de Profesör olan YILBAŞ'ın,

Termodinamik, Laser ışınımının metal üzerine etkileri, Gaz ortamı ve Laser elektronik konularında yüzden fazla uluslararası yayını mevcut olup, halen Dahran'daki King Fahd Üniversitesi'nde misafir öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.