

DAHA VERİMLİ POMPA SİSTEMLERİ İÇİN YENİ NESİL MANYETİK PM-DESTEKLİ SENKRON ELEKTRİK MOTORLARI

Bora TÜRKMEN

ÖZET

Pompa sistemleri genellikle, eğer türbin ve dizel motor değil ise, motorlar tarafından sürülmektedir. Standartlarda elektrik motorlarında verimlilik sınıfları Eff1, Eff2, Eff3 sınıflarından IE1, IE2, IE3 ve “Premium Efficiency” olarak tekrar düzenlenmiştir. Avpura Birliğinde elektrik motorlarında 200 kW güce kadar IE3 verimlilik sınıfı kullanımı 2015 yılına kadar zorunluluk olarak öne çıkmaktadır. Türkiye’de de benzer standartlaşma çalışmaları yapılmaktadır. Pompa sistemlerini sadece pompa verimliliği olarak değil, pompa-motor sistem verimlilikleri birlikte ele almak doğru yaklaşım olacaktır.

Bu değişen trend içinde, özellikle sirkülasyon pompalarında, pompa-motor grubu “rotor” olarak blok tiptedir ve verimlilik konusunda motorun önemli etkisi vardır. Dünya da bu konudaki çalışmalar sabit manyetik destekli senkron motorlar üzerinde artmaktadır. Motor mili üzerinde dolaşan ve kaybolan akım verimlilik üzerinde ciddi etkiye sahiptir. Kayıpların azaltılabilmesi için yapılan çalışmalar ve toplam verimliliğin artması bildirinin ana konusudur.

ABSTRACT

Pumping systems are driven by electric motors more than % 96, the others could be diesel driven, steam turbine and etc. Motor efficiencies are standardized as Eff1, Eff2, Eff3 previously and now converted to IE1, IE2, IE3 and Premium efficiency.

Permanent magnet synchronous motors (PMSM) are increasingly attractive in many applications due to their higher efficiency, higher power density, decreasing prices of permanent magnet and lower life-cycle cost.

1. GİRİŞ

Santrifuj Pompalar dönen kanatçıklar aracılığı ile akışkan transfer eden makinelerdir, pompaların çok geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır. Isıtma hatlarından, endüstriyel bulaşık yıkama makinelerine veya enerji santrallerinde kazan besisi suyundan, soğutma hatlarına kadar geniş kullanım alanı değişik spektrumda ve özelliklerde pompaların tiplerinin olmasını gerektirmektedir.

Pompa sistemlerini bir bütün olarak ele almak doğru yaklaşım olacaktır. Pompa ile birlikte boru sistemi, elektrik motoru ve tüm tesisat dikkate alınmalıdır. Pompanın doğru boyutlandırılmasının yanında, pompa sistemleri yerinde montajı yapıldıktan sonrada gözetim altında tutulmalıdır. Pompa seçim hesaplarının doğru yapılıp yapılmadığı, hesap sırasında değil, yerinde montajı yapıldıktan sonra sistem eğrisi ile birlikte hangi noktada çalıştığı mutlaka göz önüne alınmalıdır. Projelendirme aşamasında seçilen debi ve basma yüksekliği, gerçek çalışma noktası ile çakışmıyorsa, pompa

muhtemelen verimsiz bir noktada çalışacaktır. Böylesi durumlarda pompaların seçilme noktası yerine, gerçek çalışma noktasına göre tekrar pompayı işlemek söz konusu olabilecektir.

Bu durum fark edilirse, sorunun çözümü için bazı alternatifler vardır. Bunlardan başlıcaları;

- Pompanın çark çapını değiştirmek,
- Pompanın devrini frekans konvertör veya diğer devir değiştiriciler (hidrolik kaplin, kayış kasnak vs. ile) devrini değiştirmek
- Uygun çözüm olmamasına rağmen, vana ile kısma-açma yaparak sistem eğrisini değiştirmek ve bu sayede pompayı en verimli noktasına yakın amacına uygun noktada çalıştırmak vb.

Bu ve benzeri uygulamalar ile sistemi hidrolik açıdan doğru noktalarda çalıştırmak mümkün olacaktır.

Ayrıca boru çapı optimizasyonu, verimli pompa sistemi çalıştırmakta önemli bir unsurdur. Eğer hesaplanan boru çapı bir veya bir kaç çap büyük seçilirse, pompanın çalışma hayatı boyunca karşılamaya çalıştığı direnç kayıpları düşecek ve güç hesabındaki H değeri düştüğünden, tüketim gücü azalacaktır.

$$P = \frac{Q \times H}{367 \times \eta_p \times \eta_m} \quad (\text{kW})$$

2.TAHRİK SİSTEMİ

Eğer bir pompa sistemi buhar türbini veya diesel motor aracılığı ile sürülüyorsa, elektrik motoru tarafından sürülüyor olacaktır. Uygulamalarda % 96 oranında pompalar elektrik motoru ile sürülmektedir.

Bu noktada toplam verimlilik dikkate alınırken motor verimleri de önem kazanmaktadır. Şimdiye kadar uygulana gelen standartlarda geçtiğimiz yıllar içerisinde bir değişiklik meydana geldi.

Önceleri Eff1, Eff2, Eff3 olarak adlandırılan verimlilik sınıfları değişerek, IEC 60034–30 standardına göre yeniden sınıflandırıldı. Mevcut standartlar gönüllülük esasına dayanmakta ve 90 kW a kadar olan motorları kapsamaktaydı.

Eff1 sınıfı elektrik motorları “yüksek verimli” motorlar olarak adlandırılırken, Eff2 motorlar “artırılmış verimli” ve Eff 3 verimlilik sınıfındaki motorlar “standart verimli” olarak adlandırılmaktayken, IEC 60034–30 standardına göre yeniden tanımlandı.

Tablo1. Verimlilik Sınıfları

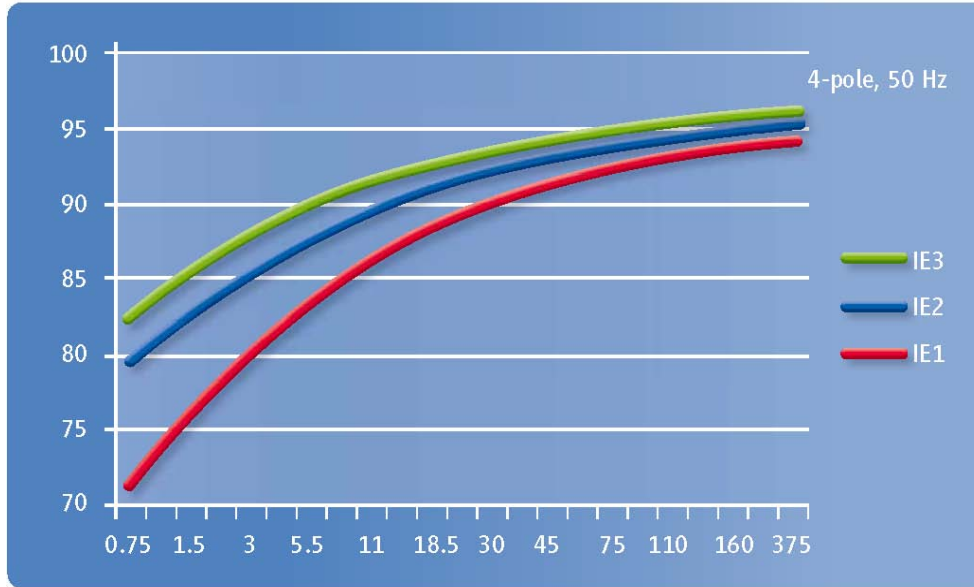


Üç fazlı motorlarda 1.1 kW dan 90 kW a kadar tanımlanan Avrupa Birliği komisyonları ile Elektrik Makineleri ve Güç elektroniği üreticileri arasında gönüllülük anlaşması 1998 de yapılmış ve 3 ayrı verimlilik sınıfları belirlenmiştir.

- EFF3 : Düşük verimli motorlar
- EFF2 : Artırılmış verimli motorlar
- EFF1 : Yüksek verimli motorlar

Bu gönüllülük anlaşması 10 Şubat 2010 tarihi itibari ile bitmiş durumda ancak 15 Haziran 2011 tarihine kadar kullanımı devam edebilecek. Bu tarihten sonra yeni oluşturulan standart IEC 60034–30:2008 geçerli olacak ve 0,75 kW tan 375 kW güç aralığında “IE” - “International Efficiency” yeni sınıflamaları aşağıdaki şekilde belirlenmiş durumdadır.

- IE 1 : Standart Verimlilik
- IE 2 : Yüksek Verimlilik
- IE 3 : Üst seviye Verimlilik (Premium Efficiency)



Şekil 1. IE Sınıfları Arasındaki Verimlilik Farkları

IEC 60034–30 altında belirtilen verimlilik sınıfı sistemi aşağıdaki özelliklere sahip alçak gerilim üç fazlı kafes asenkron motorlar için de geçerlidir:

- 1000 V kadar gerilimi
- Güç 0.75 kW ve 375 kW arasında
- 2, 4 veya 6 kutuplu motorlar
- Sürekli çalışmadaki (S1) veya aralıklı periyodik görev temelinde Anma (S3)% 80 veya daha yüksek devirli süresi faktörü ile;
- Direkt on-line işletim
- IEC 60034-1 uygun olarak çalışma koşulları için (sıcaklık, montaj yükseklik, vb)
- Flanşlı, ayaklı motorlar ve / veya milleri mekanik boyutları IEC 60072–1 farklı ile bu standart kapsamındadır.

Özel milleri ve flanş gibi motorlar kullanılacak olsa da dişli motorlar ve fren motorlar, bu standart kapsamında değildir.

Bu standart kapsamındaki bazı motorlar yardımcı cihazlar ile donatılmış olabilir. Ancak bu yardımcı cihazların motor ayrılmaz bir parçası değildir sürece, mümkün olan tüm kombinasyonlarda rasyonel

kullanımına belirlenmesinde pratik değildir. Böyle modifiye standart motorların verimliliği için verim tespiti yardımcı cihazlar olmadan temel motorlar üzerinde yapılacaktır.

3.SENKRON MOTORLAR

Senkron motor elektromıknatıslı veya çok küçük güçlerde olduğu gibi, sabit mıknatıslı bir endüktör ile bir veya çok fazlı alternatif akım sargı endüvisi bulunan, sabit bir senkron hızla dönen bir alternatif akım makinesidir. Farklı bir ifade ile senkron motor; Stator sargılarında alternatif akım, rotor sargılarında ise doğru akım bulunan ve rotor hızı senkron devirle dönen motorlara denir. Senkron motorlar esas itibariyle sabit hızda yüke güç sağlayan motorlardır

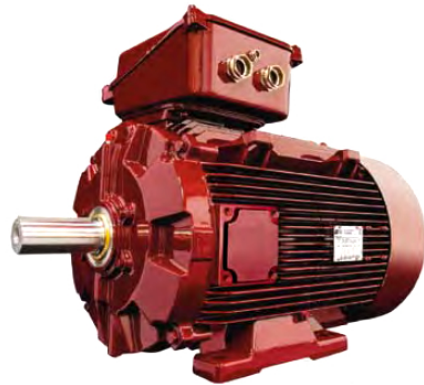
Senkron makineler sabit duran kısım stator ve hareketli kısım rotor olmak üzere iki kısımdan oluşur. Stator sac paketlerinden yapılmış olup iç kısmına sargıların yerleştirilmesi için oluklar açılmıştır. Senkron makineler, uyarma sargılarını taşıyan rotorun yapısına göre iki gruba ayrılır. Stator ve rotor arasındaki hava aralığının her yerde sabit olduğu makinelere “Yuvarlak Rotorlu Senkron Makineler” ve stator iç çevresinin düzgün olmasına karşın rotor dış çevresinin düzgün olmadığı makinelere da “Çıkık Kutuplu Senkron Makineler” denir. Birim güç başına maliyetlerinin düşük olması, artan güç ile verimlerinin yükselmesi, ayrıca bakım ve kontrol işlemlerinin az olması çok büyük güçlerde imal edilmelerini sağlamaktadır.

Ortalama çalışma hızı yüke bağımlı olmayıp içindeki manyetik kutupların sayısı ve elektrik şebekesinin frekansı tarafından belirlenen alternatif akım motorudur. Sanayide kullanılan senkron motorlar genellikle şebekeye bağlandığında döner bir manyetik alan oluşturacak biçimde sarılmış bir statordan ve doğru akımla beslenen bir rotordan oluşur. Rotor esas olarak bir elektromıknatıstır ve statorun meydana getirdiği manyetik alanla aynı hızla döner. Örneğin elektrikli saatler küçük bir senkron motorla çalışır ve zamanı şehir şebekesinin frekansı (50 Hz, 60 Hz gibi) belirler.

Modern bir sürücü sistemden genelde; geniş bir güç aralığında frenlemeleri de içeren moment-hız düzleminin dört bölgesinde çalışabilme, yüksek verim ve yüksek dinamik cevap özellikleri aranır.

Yüksek verim ve dinamik özelliklerinden dolayı 1970 ‘li yıllara kadar en çok kullanılan makine doğru akım makinesi olmuştur. Günümüzde bakım gereksinimi, tozlu ve patlamalı ortamlarda çalışmama, hız sınırı (mekanik komütatör için 3000 d/d) gibi olumsuzlukları ve maliyetleri doğru akım motorlarının değişken hızlı sürücü düzeneklerde kullanımlarını sınırlandıran etkenlerin başında gelmektedir.

Sincap kafesli asenkron motorlar hem düşük maliyetli hem de sağlamdırlar. Fakat verim ve güç faktörleri düşüktür. Dolayısıyla verim ve güç faktörünün önemli olduğu uygulamalarda asenkron motorların alternatifleri senkron motorlardır.



3.1. Senkron Motorun Yapısı

Senkron motorlar moment stator akımı ve akı da uyarma akımıyla kontrol edilir. Asenkron motorda ise hem moment hem de akının stator akımıyla değiştirilmesi optimum stator geriliminin belirlenmesini engeller. Ayrıca alan zayıflatma bölgesinde; asenkron motor için gereken gerilim senkron motora göre %30 fazladır. Reaktif güç gereksinimdeki fazlalık ise %70 dolaylarındadır. Bilindiği üzere artık reaktif güçte ölçülerek faturalandırılmaktadır.

Senkron motorlu sürücü düzenekler, asenkron ve doğru akım motorlu sürücü düzeneklerden daha yüksek moment/atalet oranı, daha az gürültü ve sağlam motor kontrol algoritmasına sahiptirler. Çünkü senkron motorların rotor yarıçapı eşdeğer güçteki asenkron ve doğru akım motorlarından küçüktür. Senkron motorların bakım gereksinimi doğru akım motorlarının bakım gereksiniminin 1/7 'si kadardır. Bunun yanında megawatt dolaylarındaki güç seviyeleri ve 6000 d/d 'ya yaklaşan hızlar için senkron motorlar pratik açıdan zorunludurlar. Asenkron motordaki düşük verim ve güç faktörü bu motorların bu güç ve hız seviyelerinde kullanımlarını sınırlar.

Senkron makineler motor olarak çalışırken stator sargılarına alternatif akım, rotor sargılarına da doğru akım uygulandığında Lorenz Kanununa göre sabit bir hızla döner, motor milinden mekanik güç alınır. Doğru akım makineleri hem dinamo hem motor olarak nasıl çalışıyorlarsa ve aralarında yapı bakımından bir fark yoksa, alternatörlerde senkron motor olarak çalışır.

Motor devir sayısı (N), frekans (f) ve kutup sayısına (P) bağlıdır. Asenkron motorlarda motor milinden hiçbir zaman bu devir sayısı alınamazken, senkron motorlarda hız daima döner alanın hızına eşittir. Üzerindeki sargılardan başka ayrıca, rotora sincap kafesi çubukları yerleştirilir. Alternatör olarak çalışmada çıkış geriliminde meydana gelen dalgalanmaları önleyen bu sincap kafesi çubukları, motor olarak çalışmada düzgün bir döndürme momenti oluşturur.

Bir asenkron motora gerilim uygulandığında motor hemen dönmeye başlar. Senkron motorun dönebilmesi için rotor hızının yardımcı bir düzenekle senkron hız değerine ulaştırılması gerekir.

Senkron motorlarda kutup sargılarına uygulanan gerilim doğru gerilim olduğundan, meydana gelen kutuplanma N S N S şeklinde çalışma süresi boyunca değişim göstermeyen bir kutuplanmadır. Stator sargılarına üç fazlı emk uygulandığında döner alan meydana gelecek ve bir an statorda N-S-N-Skutuplanması oluşacaktır. Bu anda kutup sargılarındaki zıt kutuplarla döner alan kutupları birbirini çekecek ve rotor dönmek isteyecektir. Rotor henüz hareket etmeden statordaki kutuplar yer değiştirerek (frekansa bağlı olarak) kutup sargılarındaki aynı isimli kutuplar karşı karşıya gelecektir. Bu seferde aynı adlı kutuplar birbirini iter kuralınca rotor itme ve çekme kuvvetlerinin etkisinde kalacaktır. Rotor ve stator kutupları arasındaki karşılıklı itme ve çekme kuvvetlerinin sonucu bileşke moment sıfır olacak ve rotor dönmeyecektir. Şayet rotora; yardımcı bir sistemle yol verir, rotor hızı senkron hız değerine yakın bir hıza ulaştırırsak rotorun sabit kutupları, döner alanın kutupları ile rahatça kilitlenir. Şebekenin güç faktörünün düzeltilmesinde senkron motorlar kullanılır. Kapasitif çalışmada reaktif güç negatif olmaktadır, motor sisteme reaktif güç verir yani kompanzatör görevi görür

4. YENİ NESİL SABİT (KALICI) MIKNATISLI SENKRON MOTORLAR

Verimlerinin ve güç yoğunluğunun yüksek olması, rotor tasarımının esnek olması ve sabit mıknatısların fiyatlarının azalması ile ömür boyu maliyetinin asenkron motordan düşük hale gelmesi gibi avantajlarından dolayı Kalıcı Mıknatıslı Senkron Motorlar (KMSM) gittikçe fazla ilgi görür hale gelmektedir.

Uzay Vektör Darbe Genişlik Modülasyonu (UVDGM) yöntemi, DC-link gerilimini daha etkin kullanmaya izin vermesi, düşük THD ve düşük anahtarlama kayıplarına sahip olması gibi avantajlarından dolayı popüler bir yöntemdir.

KMSM hızı; frekans ve kutup sayısı ile orantılı olan sabit hızlı bir motordur. Statorunda üç fazlı sargı ve rotora monte edilmiş sabit mıknatıslardan meydana gelen bir yapıya sahiptir. Rotordaki mıknatısların montaj şekline göre iki sınıfta inlenir. Sabit mıknatıslar rotor yüzeyine monte edilmiş ise Yüzeysel KMSM, rotora gömülü olarak yerleştirilmiş ise dahili mıknatıslı KMSM elde edilmiş olur. Ayrıca stator sargısı nda indüklenen gerilim dalga şekline göre Trapezoidal tip (Fırçasız Dc Motor) ve Sinüsoidal tip (KMSM) olarak ayrı ayrı isimlendirilirler.

Motor yapısındaki sabit mıknatıslar KMSM'yi senkron motordan ayıran özelliğidir. Rotorda sargı yerine mıknatıs kullanılması, kayıpların düşmesi, rotor hacminin küçülmesi ve rotor yapılış şeklinin esnekliği gibi avantajlar sağlamıştır.

Sabit hızlı olan KMSM'de evirici veya ayarlı gerilim ve frekans kaynağı ile hız ayarı yapılabilir.

Evirici girişindeki DC gerilimi, çıkışında istenen genlik ve frekansta AC gerilime dönüştüren devrelerdir. Eviricilerde kullanılan çeşitli modülasyon yöntemleri vardır. UVDGM yöntemi dijital olarak uygulanabilen, anahtarlama kayıpları düşük, çıkış gerilimindeki harmonikleri daha az olan popüler bir yöntemdir.

Asenkron motorlar için büyük bir önem taşıyan kaymadan senkron motorlarda söz edilemez. Bu yüzden motor ister boşta ister yükte çalışsın, devir sayısında hiçbir değişiklik olmaz. Senkron motoru çalıştırabilmek için mutlaka yol verme düzenine sahip olmak gerekir. Bunun için çeşitli yol verme sistemleri kullanılır

AC motorlarda kullanılan temel üç kontrol yöntemi vardır. Bunlar skaler kontrol (V/f), vektör kontrol (FOC) ve Doğrudan moment kontrolüdür(DTC).

5. SONUÇ

Pompa sistemlerinde toplam verim, temelde pompa boyutlandırmasına bağlı olduğu gibi diğer önemli unsurları da barındırır. Boru seçiminin önemi, seçilecek çapın hızı etkileyecek olması ve hızın karesi oranında kayıpların artacak olması ve pompanın ana gücünü bu oranın çok ciddi artıracak olması gibi unsurlar en az pompa seçimi kadar önemlidir.

Elektrik motorları da, hemen hemen tüm pompa uygulamasında kullanılan en önemli ikinci ekipmandır. Birincil önemli pompa uygun tasarlandı ise, bunu doğru ve yüksek verimlilikte bir motor ile kombine ederek daha verimli sistemler yaratılabilir. Önceki yıllarda standart verimlilikte Eff2 motor genel kullanımı yaygın iken, verimlilik ve enerji tasarrufu bilinci yüksek yaklaşımların Eff1 elektrik motorları talep ettikleri gözlenen bir durumdur. Bu geçen yıllarda yerini IE standardına bırakmıştır ve daha üst sınıf motor verimlilikleri hedeflenmektedir.

Ömür boyu maliyet ve toplam verimlilik gibi kavramlar giderek önem kazandıkça bu konudaki genel bilinç düzeyinin de artması ve kriterlerin farklılaşması daha da verimli sistemler yapmayı getirmektedir. Ancak burada yasalarla vergi teşvikleri, yasal zorlamalar ve düzenlemeler ile daha verimli sistemler kurulmasını özendirmek ve yaygınlaştırmak kamuya da ödevler getirmektedir. Bu konuda çıkabilecek yönetmelikler ve kanunlar kişilerin tercihine bırakmayarak daha verimli sistemlerin kurulmasını zorunlu hale getirmelidir.

Örneğin, Avrupa Birliği sirkülasyon pompalarında belirli güçlerin altında Eff1 veya IE2 motor kullanımını zorunlu hale getirmektedir. ABD' de Eff3 ve Eff2 motorların üretimi ve yurtdışından getirilmesi yasal düzenlemeleriyle önlenmiştir, Eff1 sınıfı elektrik motoru kullanmak zorunluluktur.

Benzer şekilde Avrupa Birliği, 2015 yılına kadar IE2 motor kullanımını 200 kW güçlere kadar zorunlu hale getirmek için çalışmalar yürütmektedir.

Sabit mıknatıslı senkron motorlarda yük değişiminin verimi düşürmemesi, yüksek güç faktörü ve

verimlilik, sabit miktarda teknolojinin fiyatlarının düşmesi ve giderek ekonomik olması yakın gelecekte belirli uygulamalarda daha verimli olabilecek gibi görünmektedir. Bu konuda ciddi çalışmalar yapılmaktadır ve 1–2 seneye kadar daha belirgin verim artışları sağlanacak görünmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] IEC 60034–1:2010, Rotating Electric Machines, Part1, Part2
- [2] TÜRKMEN, B., “ Pompa Tesisatlarında Enerji Verimliliği ve Sistem Seçimi ; Pompa, Boru ve Tesisat Yaklaşımı, IX. TESKON, 2009
- [3] GONTERMANN D., “ Automation & Antriebstechnik, KSB AG, 2010
- [4] ZVEI, German Electrical and Electronic Manufacturers’ Association
- [5] ORHAN A., “Senkron Motorların Kontrol Yöntemleri” 2005
- [6] Motor Challenge Program, www.motor-challenge.eu
- [7] U.S. Department of Energy, United States Industrial Motor Systems Market Opportunities Assessment, 1999

ÖZGEÇMİŞ

Bora TÜRKMEN

1975 Ankara doğumludur. Dumlupınar Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden lisans, sonrasında İstanbul Bilgi Üniversitesi İşletme Yönetimi (MBA) yüksek lisans bölümünden mezun olmuştur. Sırasıyla İMTEK, Gönka Klima firmalarında mühendis olarak çalışmış, 2001 tarihinden beri KSB Pompada segment müdürü olarak görev yapmaktadır. MMO tesisat komisyonunda, TTMD Ankara Temsilciliğinde üye, başkanlık, yayın kurulu üyesi ve yazı işleri müdürlüğü görevlerinde çalışmıştır.yapmıştır., MMO, TTMD, EİE ve Biltek gibi kurumlarda ve bir çok özel kuruluşta seminerler vermiştir.