

## **BULANIK MANTIK YÖNTEMİYLE MANYETİK**

### **FİLTRELERİN KONTROLÜ**

İsmail Sarıtaş<sup>a\*</sup>

Saadetdin Herdem<sup>2</sup>

<sup>a</sup>Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Selçuk Üniversitesi, 42075, Konya, Türkiye

<sup>b</sup>Elektrik- Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Selçuk Üniversitesi, 42075, Konya, Türkiye

#### **Özet**

Bu çalışmada; teknolojik sıvıların içerisinde bulunan mikron ve submikron boyutlarındaki manyetik özellikli parçacıkların temizlenmesi için bir manyetik filtre (MF) tasarlanmıştır. Teknolojik sıvının temizlenmesi yanında filtre matrisinin temizlenmesini sağlayan iki adet MF kullanılarak bulanık kontrol sistemi gerçekleştirilmiştir. Bu kontrol ile filtre matrisi içerisinden geçen manyetik özellikli parçacıkların miktarı ve teknolojik sıvının akış hızı değişimine bağlı olarak filtre bobininin akımı dolayısıyla MF'nin manyetik akısı da değiştirilmektedir. Böylece MF'nin performansı optimum olarak kontrol edilebilmektedir. Ayrıca filtrenin performansı düştüğünde filtre matrisinin temizlenmesi sağlanarak aynı filtre matrisinin tekrar tekrar kullanımına olanak sağlamaktadır. Bu çalışma ile yapılan kontrol sistemi MF'lerin yüksek performansla çalışmalarını, gereksiz enerji kullanılmasını önlediği için enerji tasarrufunu, dolayısıyla ekonomik kazancı da sağlamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Manyetik Filtre, Manyetik Seperatör, Bulanık Kontrol, Bulanık Mantık

---

\*Corresponding author. Tel.: +90-332-223 3354; Fax: +90-332-2412179.

E-mail address: isaritas@selcuk.edu.tr (İ. Sarıtaş)

## **CONTROLLING THE MAGNETIC FILTERS BY USING FUZZY LOGIC METHOD**

### **Abstract**

In this study, a magnetic filter (MF) has been designed to clean up the micron or sub-micron size magnetic particles from technological liquids. Addition to cleaning the technological liquids, a fuzzy control system has also been realized by using two MF to clean the filter matrices. With the control system, filter coil current consequently the magnetic flux of the MF has been changed depending on the amount of particles and flow rate of technological liquid. Hence the magnetic performance of the MF has been controlled optimally. When the MF performance decreases, filter matrix is cleaned; as a result same filter matrix is used repeatedly. The control system realized in this study provides high performance MF work, consequently offering both energy savings and economical benefits.

**Keywords:** Magnetic Filter, Magnetic Separator, Fuzzy Control, Fuzzy Logic

### **1. Giriş**

Sanayi alanlarındaki teknolojik işlemlerde kullanılan ortamların temel elemanları arasında sıvı ve gazlar önemli bir yer tutmaktadırlar. Bu ortamlar teknolojik işlem devresini oluşturan elemanlardan biri olduğundan bunların kaliteleri yüksek olmalıdır. Bu ortamların kalitesinin düşük olması tüm teknolojik işlemin bozulmasına, bu teknolojik işlemlerin içerdiği set ve cihazların kullanım sürelerinin azalmasına ve sanayinin genel olarak veriminin düşük olmasına neden olur [1, 2].

Teknolojik sıvıların kalitesinin yüksekliği; teknolojik işlemlerde kullanıldığı süre içerisinde kimyasal ve fiziksel özelliklerinin sabit kalması ve teknolojik işlemler sonucu içerdikleri çeşitli karışımlar bakımından temiz olmaları ile belirlenir [1].

Çeşitli kimyasal ve fiziksel özellikli bu karışımlar, teknolojik işlemlerde oluşan bazı bozukluklar nedeniyle veya set ve cihazların zaman zaman aşınmalarının sonucu olarak her zaman vardır. Dolayısıyla bu teknolojik sıvıların sürekli olarak karışımlardan temizlenmesi gerekmektedir. Bu temizleme işlemi, gereklilik durumuna göre teknolojik işlem süresinin başlangıcında, sonunda veya herhangi bir aşamasında gerçekleştirilebilir [1, 2].

Yapılan çok sayıda deney sonucunda, teknolojik sıvı ve gazların içerdikleri karışımların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin geniş spektruma sahip olduğu belirlenmiştir. Fakat bütün durumlarda bu karışımların büyük kısmını demir ve demir bileşenli elemanlar, yani demir içerikli parçacıklar oluşturmaktadır [1].

Petrol çıkarılmasından Elektrik santrallerine kadar pek çok teknolojik alanda bu problemlerle karşılaşmaktadır [2]. Bu karışımlar örneğin termik elektrik santrallerinde kullanılan kondensatların kalitesini düşürür. Bu karışımların sıvılarda düşük konsantrasyonlarda (0.02-0.2 mg/l) bile bulunması kazanların buhar taşıma borularının duvarlarında demir bileşenli çöküntüler oluşmasına neden olur. Bu çöküntüler termik ve hidrolik dirençleri fazlaştırır ve ısı geçişini zayıflatır. Böylece yakıtın ve ısıtma enerjisinin aşırı masrafına, boruların yanarak delinmesine ve sonuç olarak elektrik enerjisinin veriminin azalmasına neden olur [1]. Yine bu karışımlar özellikle de teknolojik süreçte yer alan kurgu ve cihazların paslanması veya aşınması sonucu oluşan bileşenler, nükleer santrallerin kondensatların kalitesini düşürür ve sürekli olarak temizlenmelerini gerektirir [3].

Hem teknolojik sıvıların hem de günlük hayatta kullanılan suların içerdiği karışımlar, çevre için dünya çapında ekolojik tehlike oluşturmaktadırlar. Bunların etkin olarak temizlenmesi hem ekonomik hem de ekolojik açıdan çok önemli problemlerdendir [1].

Teknolojik sıvıların içerdikleri manyetik özellikli parçacıkların boyutları esasen mikron mertebesinde olup 0,1–1 µm civarlarındadır. Sanayideki gazların, dumanların ve tozların içerdikleri demir bileşenli parçacıkların boyutları ise 0,1-100 µm civarlarındadır. Demir bileşenli bu oksitlerin kolay kolay erimemesi nedeniyle bunlar teknolojik sıvıların içerisinde koloit-dispers (tanecik) şeklinde bulunurlar [1, 2].

Çeşitli sanayi alanlarında kullanılan teknolojik sıvıların içerdikleri karışımların fiziko-kimyasal özellikleri geniş bir spektruma sahiptir ve birçok durumda manyetik özelliği sergilemektedir. Bu karışımlar bütün teknolojik rejimler için ciddi engeller oluşturmaktadırlar ve bunların temizlenmesi için mevcut temizleme sistemleri yeterli değildir. Bu nedenle teknolojik sıvıları küçük boyutlu manyetik özellikli parçacıklardan temizlemek için yeni ve daha etkili temizleme sistemlerinin tasarımı en önemli problemlerden biridir [1, 2, 4, 5].

Teknolojik sıvıların içerdikleri demir bileşenli karışımların tanecik şeklinde olmaları ve temelde genel olarak manyetik özellikli olmaları nedeniyle bu karışımların temizlenmesi için manyetik yöntemlerin kullanılması daha avantajlıdır [2, 6-9].

Bu amaçla son yıllarda manyetik filtreler (MF) çok kullanılmaktadır. Genel teorisi ve kullanımı ile ilgili literatürde pek çok kaynak bulunmaktadır. Literatürler incelendiğinde teroisi ve uygulaması gerçekleştirilen MF'lerin performanlarının her koşulda yüksek tutulması, tekrar tekrar kullanılarak ekonomik kazanç sağlanması ve sürekli görevini sürdürmesi gibi önemli problemler vardır [10-20]. Bunun için sıvının

akış hızı, sıvı içerisindeki manyetik özellikli parçacık miktarı, bu parçacıkların büyüklükleri, manyetik geçirgenlikleri, filtre matrisinin çapı, uzunluğu, filtre matrisinin tipi (çubuk, talaş, kürecik vb.), tipe göre filtre matrisini oluşturan manyetik özellikli elemanların büyüklükleri ve manyetik geçirgenlikleri, bobin tipi ve sarım sayısı vb. pek çok faktör performansı etkilemektedir. MF performansını etkileyen çok sayıda parametrenin bulunması bulanık mantık (BM) yöntemiyle kontrol edilmesini mümkün kılmaktadır [2].

BM kullanılarak bulanık kontrolün (BK) pek çok alanda kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Ameliyathanelerin sıcaklık kontrolünde BK [21]; ısınma, havalandırma ve klima sistemlerinde BK [22] başarılı uygulamalarıdır. Literatür incelemelerinde bulanık mantığın, probleme farklı yaklaşım tekniğiyle sorun çözmede şaşırtıcı başarılar gösterdiği ve farklı alanlarda da uygulamaları yapıldığı görülmektedir.

Bu yaklaşımdan yola çıkarak bu çalışmada manyetik filtrelerin bulanık mantık yöntemiyle kontrolü amaçlanmıştır. Filtre performansını etkileyen pek çok faktör olduğu göz önüne alınmış ve en önemli iki parametreye (sıvının akış hızı ve sıvı içerisindeki manyetik özellikli parçacık miktarı) göre bir sistem tasarlaması hedef olarak seçilmiştir. Bu yönde çalışma yapılarak bir prototip gerçekleştirilmiştir.

## **2. Materyal ve Metod**

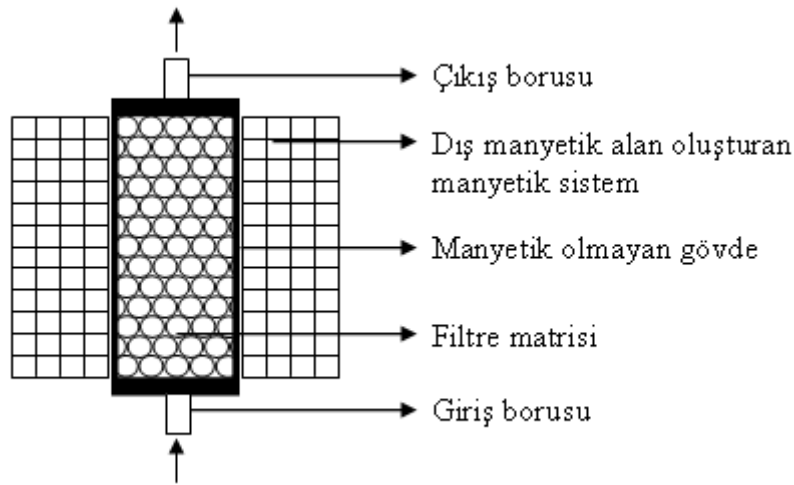
### **2.1. Manyetik Filtre**

Endüstriyel sıvıların, içerdikleri manyetik özellikli parçacıklarından temizlenmesi gerekmektedir. Bu temizleme işlemi, fizyolojik veya kimyasal yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda bu iki yöntemin dışında, manyetik özellikten faydalanılarak farklı yapı ve tiplerde filtre matrisleri kullanılarak temizleme işlemi

gerçekleştirilmektedir. Parçacıkların manyetik özelliklerinden yararlanarak temizleme yapan filtrelere manyetik filtre (MF) denilmektedir [1-5, 8, 10, 13, 15, 19].

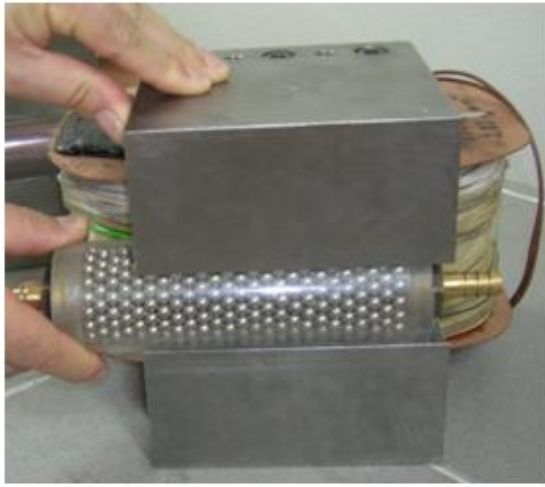
MF'lerde dış manyetik sistem elektromıknatis (solenoit, toroid, çekirdekli bobin vs.) ve mıknatıslardan oluşturulabilir. Gövde veya karkas manyetik olmayan paslanmaz malzemeden oluşmuştur. Filtre matrisi elemanları, manyetik alan yoğunluğu  $B = 0,05-1,5$  T olan dış homojen alanın etkisiyle kolayca mıknatıslanırlar ve kendi etraflarında yüksek gradiyente sahip olan multi alanlar oluştururlar. Bu alanların manyetik alan şiddetleri uygulanan dış manyetik alanın şiddetinden defalarca büyük olurlar. Bu alanların oluştuğu bölgeler aktif bölge veya tutma bölgesi adını alırlar.

Manyetik filtrenin prensip şeması Şekil 1'de gösterilmiştir [2].

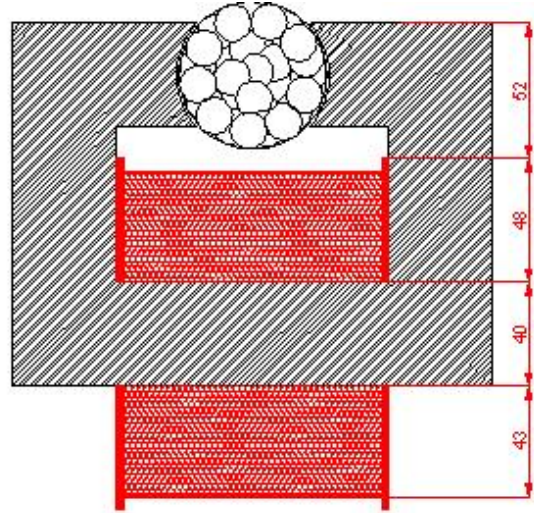


Şekil 1. Manyetik filtrenin prensip şeması

Denemeler için Şekil 2'de görülen filtre matrisi, filtre gövdesi ve bobini oluşturulmuştur [2].



a. Gerçekleştirilen MF gövdesi, bobini ve filtre matrisi



b. Tasarlanan MF, bobin ve filtre matrisi kesit görünümü

**Şekil 2.** Gerçekleştirilen manyetik filtre

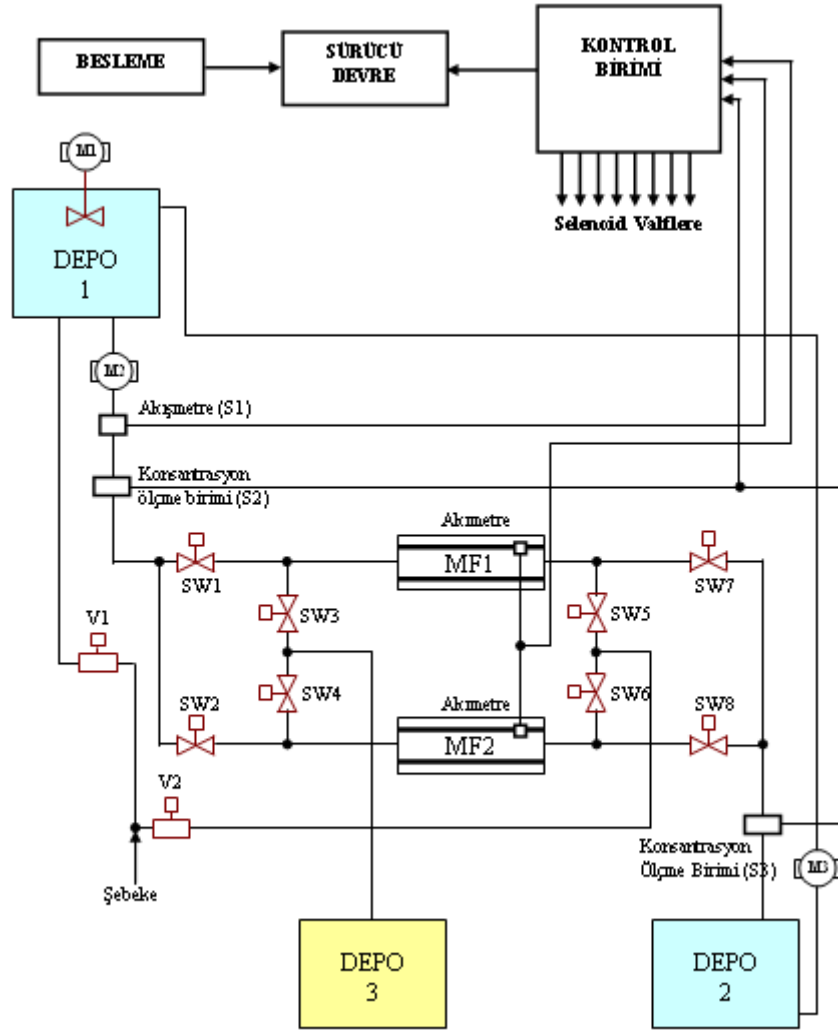
## 2.2. Kontrol sistemi ve Bulanık Kontrol

Güç kaynağı, gövde, bobin, manyetik filtre elemanı, süspansiyon karıştırıcı, pompa, kontrol sensörleri, taşıyıcı borular, vanalar, depolayıcılar, otomatik kontrol için bilgisayar ve çevre birimleri Şekil 3’te verilmiştir.

Filtrenin kontrolü aşamalarından biri olan bilgisayarla kontrol kısmında veri toplama kartı olarak National Instrument (NI) firmasının üretmiş olduğu PCI 6036E modelinde DAQ kartı, analog ve dijital I/O için NI PCI 6036E DAQ kartı ile uyumlu BNC 2100 arabirimi kullanılmıştır [2].

Parçacık konsantrasyonunu ölçmek için iki grup halinde bobin, AC simetrik köprü tasarlanmış ve enstrümantasyon yükselteç kullanılarak elde edilen gerilim farkı yükseltilmiştir. Yükseltiletilen gerilim doğrultularak bilgisayara Data Aquation (DAQ) aracılığı ile aktarılmıştır[2]. FW BELL firmasının 5180 model manyetik akı ölçeri ile ölçüm yapılmış ve bilgisayara DAQ ile aktarılmıştır. ISOIL INDUSTRIA S.P.A. firmasının geliştirdiği ML110 modeli manyetik akış ölçer ile süspansiyonun akış hızı

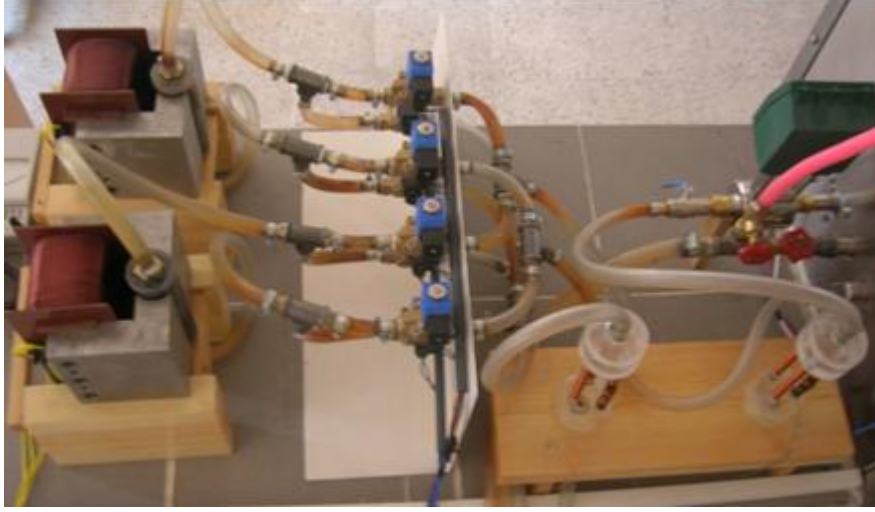
ölçülmüş ve sensör olarak kullanılmıştır (Şekil 4) [2].



MF1,MF2 – Manyetik filtre ve metrisi, SW1-Ş8 Selenoidvalfler.

Şekil 3. Manyetik filtrenin çalışma ve kontrol diyagramı

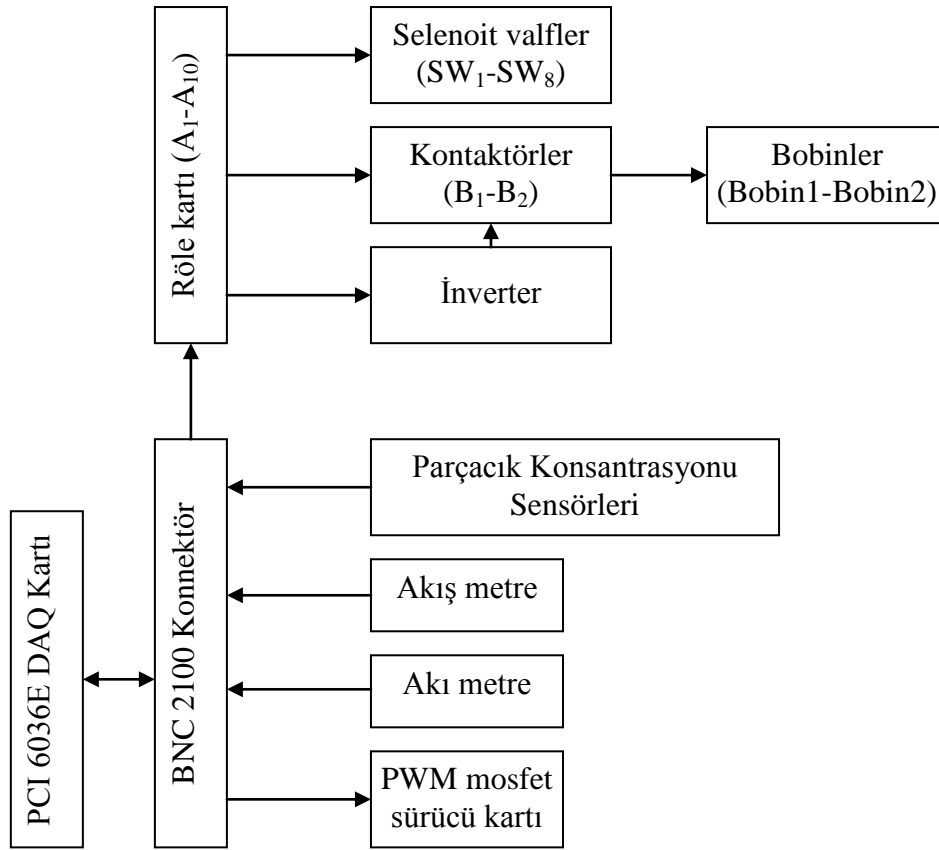




**Şekil 4.** Parçacık konsantrasyonu ölçme birimi, akış ölçer ve sisteme bağlantıları

Akış metre, akı metre, parçacık konsantrasyon sensörlerinden koaksiyel kablo ile veriler BNC2100 ara birimi ile DAQ 6036E kartına bağlandı ve bilgisayara aktarılarak kontrol yazılımında kullanıldı.

BNC 2100 aracılığı ile PWM kontrolü için yazılımdan elde edilen PWM referans gerilimi kontrol birimine BNC ile aktarıldı. Böylece kontrol için gerekli sensör ve diğer bağlantılar Şekil 5’de tasarlandığı gibi gerçekleştirildi.



Şekil 5. Kontrol birimi bağlantı şeması

Şekil 3'te görüldüğü gibi hazırlanan süspansiyon depo 1'den, pompa ve taşıyıcı borular yardımıyla manyetik filtreden geçirilerek diğer depo 2'ye dolduruldu. Giriş ve çıkış konsantrasyonları sürekli olarak ölçülerek filtre performansı belirlendi. Manyetik filtrenin çalışma rejimi sensörler ve bilgisayar yardımıyla sürekli kontrol edildi.

Sistem, filtrenin rejenerasyon işleminin ne zaman yapılması gerektiğini bildirerek bu işlemi otomatik olarak gerçekleştirecek şekilde tamamlandı.

Sistem için bir deney düzeneği gerçekleştirildi. Bu düzenekte 3 adet depo 2 adet pompa 1 adet karıştırıcı 8 adet selenoit valf kullanılarak bağlantıları yapıldı (Şekil 6)



Şekil 6. Manyetik filtre deney düzeneği

### 2.2.a. Bulanık kontrol

Bulanık mantık temel olarak makine mantığı ya da kesin mantık yerine insanın kullandığı kesin olmayan sınırlar çerçevesindeki karar ve mantık mekanizmasını kullanır [2, 23]. Bu kavramın kullanılmasıyla ortaya çıkan en yaygın uygulamaların başında bulanık mantık tabanlı kontrol mekanizmaları gelmektedir. Bulanık mantık kontrol sistemleri bilinen PID kontrol tasarımlarında olduğu gibi sistemin tam bir model bilgisini gerektirmez. Bu bilgi yerine uzman olarak adlandırılan insanın deneyimini ve ustalığını koymaktadır. Uzman bilgisinden ve tecrübesinden ve insanın keskin olmayan duyuşal verilerinden yararlanarak bulanık sistem gerçekleştirilmeye çalışılır [24]. Bunun için birçok tasarım metodu da hali hazırda geliştirilmiş durumdadır ve geliştirilmeye devam edilmektedir [25].

Bulanık mantık kullanılarak geliştirilen bulanık kontrol için temel yapı bulanık uzman sistem mekanizmasıdır [2, 4].

### 2.2.b. Filtre kontrolü ve programlanması

Teknolojik sıvının akış hızı, sıvının içerisindeki manyetik özellikli parçacık miktarı, filtrenin ve filtre matrisinin boyu, filtre matrisi içerisindeki elemanların şekli, büyüklüğü ve manyetik özelliği, filtrenin gövdesini oluşturan maddenin manyetik özelliği, filtre bobininin sarım şekli ve sayısı, bobine uygulanan akım gibi pek çok faktör filtre performansı için önemlidir.

Bu çalışmada; teknolojik sıvının akış hızı ve sıvı içerisindeki parçacık miktarlarına bağlı olarak filtre performansını yüksek tutmak için filtre bobininden geçen akım dolayısıyla manyetik akı kontrolü gerçekleştirilmiştir.

BK'da giriş parametreleri olarak endüstriyel sıvının akış hızı ( $V_f$ -l/h) ve sıvının içerisindeki manyetik özellikli parçacık miktarı ( $S_2$ -mg/l), çıkış parametresi olarak da filtre bobinine uygulanan gerilim için PWM referans gerilimi (U-V) seçilmiştir.

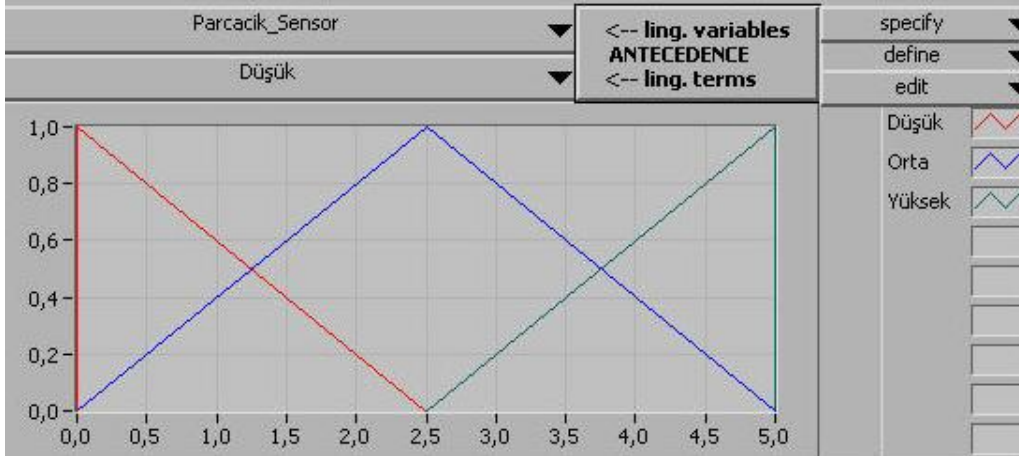
$S_2$ ,  $V_f$  ve U için oluşturulan dilsel ifadeler Tablo1'de.

Tablo 1. Giriş-çıkış parametreleri ve dilsel ifadeleri

Parçacık Sensörü 1 ( $S_1$ ) (mg/l)		Sıvının akış hızı ( $V_f$ ) (l/h)		PWM Referans gerilimi (U) (V)	
Düşük	0-2,5	Düşük	0-2,5	Çok Düşük	0-1
Orta	0-2,5-5	Orta	0-2,5-5	Düşük	0-1-2
Yüksek	2,5-5	Yüksek	2,5-5	Normal	1-2-3
				Yüksek	2-3-4
				Çok Yüksek	3-4-5
				Çok çok Yüksek	4-5

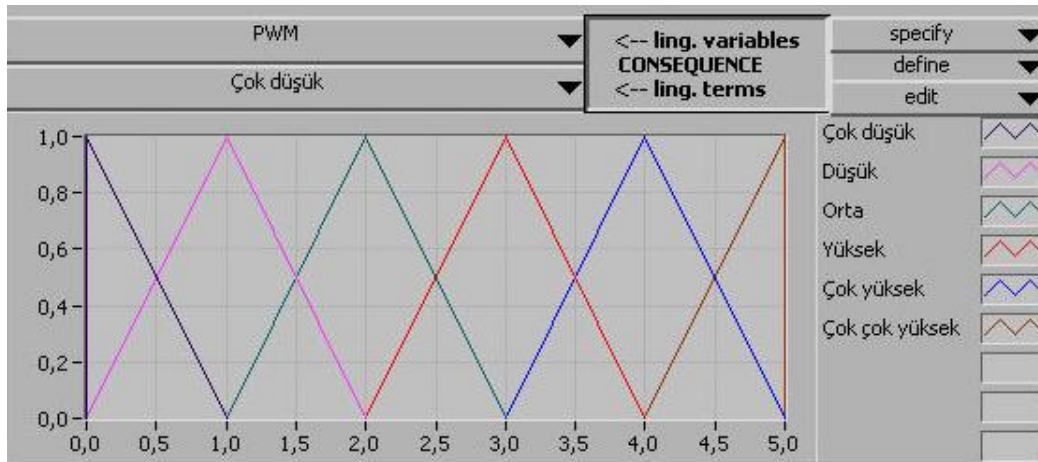
Tablo 1'deki dilsel ifadeler için üçgen bulanıklaştırıcı kullanılmış olup sınır değerleri Tablo 1'de belirtilmiştir. Üyelik fonksiyonları ve üyelik dereceleri, kontrol

için kullanılacak olan *Labview Fuzzy Control Toolkit* yazılımında tanımlanmıştır. S1 parametresi için bu değerler ve grafiği Şekil 7’de gösterilmiştir. Diğer parametreler için de benzer şekilde üyelik dereceleri ve fonksiyonları oluşturulmuştur.



Şekil 7. S1 giriş parametresi için üyelik fonksiyonları

Çıkış parametresi olan PWM referans gerilimi için de benzer üyelik fonksiyonu oluşturulmuştur (Şekil 8).



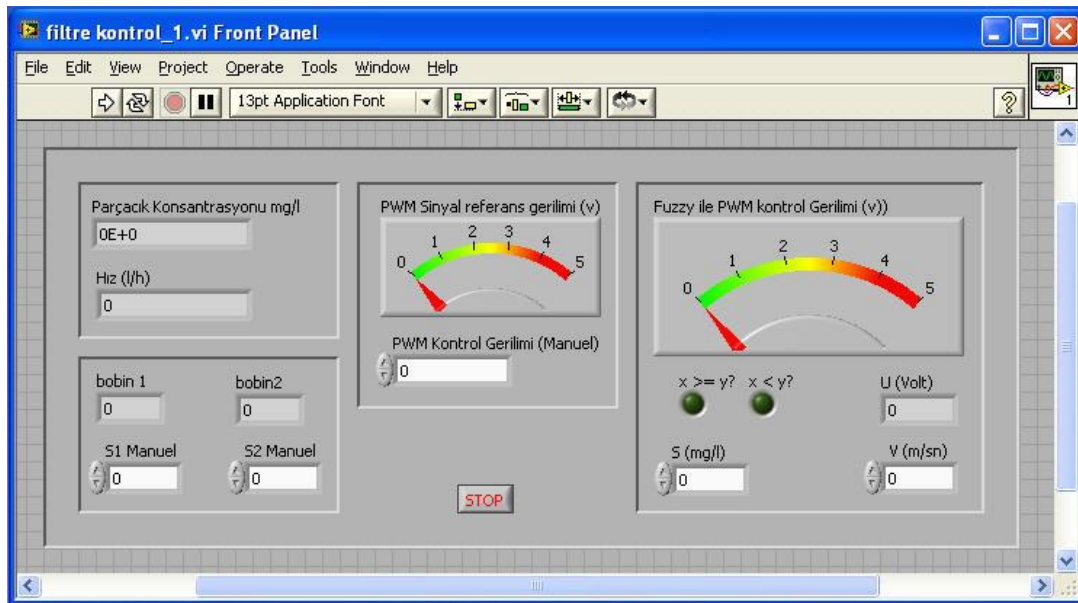
Şekil 8. U çıkış parametresi için üyelik fonksiyonları

Giriş ve çıkış parametrelerinin dilsel ifadelerinin fonksiyonları *Labview Fuzzy Control Toolkit* yazılımının *Fuzzy Set Editor*'ü kullanılarak ve kurallar tabanı ise aynı yazılımın *Rulebase Editor*'ü kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 9).

Utils	IF		THEN	With	Up	Defuzzification Method
Rule-Nr.	Parcacik_S	Akis_Hiz	PWM	DoS		Center of Maximum
1	Düşük	Düşük	Çok	1,00		default term
2	Düşük	Orta	Düşük	1,00		<65535>
3	Düşük	Yüksek	Orta	1,00		if no rule is activ
4	Orta	Düşük	Düşük	1,00		Take last value
5	Orta	Orta	Orta	1,00		Inference Method
6	Orta	Yüksek	Yüksek	1,00		Max-Min
7	Yüksek	Düşük	Yüksek	1,00		Select form of Rulebase
8	Yüksek	Orta	Çok	1,00		normal Rulebase
9	Yüksek	Yüksek	Çok çok	1,00		total rules 9

Şekil 9. Kurallar tabanı

Labview ile kontrol yazılım yapıldı. PWM kontrol referans gerilimi elle girilebilecek şekilde ve bulanık kontrol ile çıkış verecek şekilde tasarlandı. Ön panelde hangi bobinlerin çalıştığı, el ile sensörlerin bilgilerinin girişlerinin bulunduğu fonksiyonel bir yazılım gerçekleştirildi. Geliştirilen kontrol yazılımının ön panel görüntüsü Şekil 10'da verilmiştir.

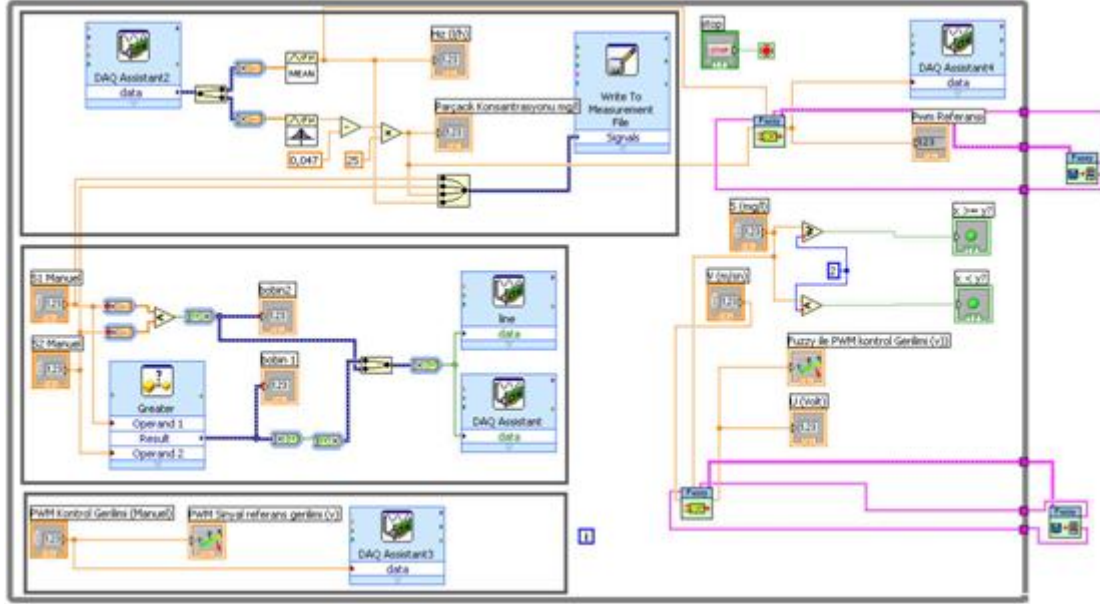


Şekil 10. Tasarlanan sistemin Labview ön paneli

Aynı zamanda sistem çalışırken sensör verilerini zaman bilgisini ve bobinlerin

çalışma sırasını bilgisayara lvm uzantılı olarak kayıt yapacak yazılım da yapıldı

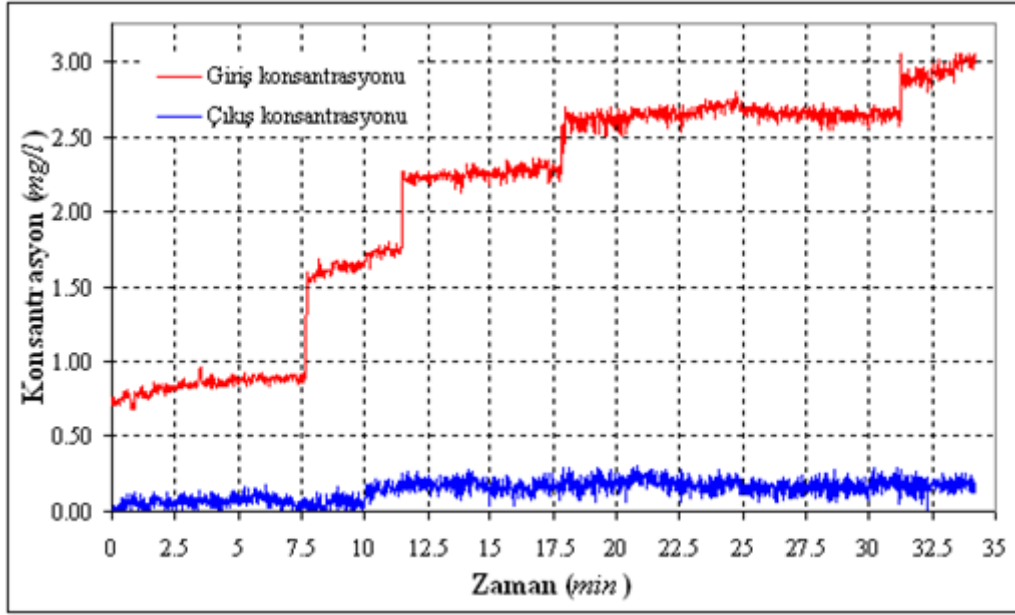
Şekil 11.'de de Labview yazılımının blok diyagramı görüntüsü verilmiştir.



Şekil 11. BK'lı çalışmada giriş ve çıkış konsantrasyonu

### 3. Sonuç ve Öneriler

Gerçekleştirilen deneysel çalışmada, 14 mm çaplı filtre elemanları kullanılarak yaklaşık 35 dk süren bir çalışma yapıldı. Bu süreçte parçacık konsantrasyonu sensörlerinin verileri bilgisayara kaydedildi. Elde edilen verilerden Şekil 12'deki grafik elde edildi.



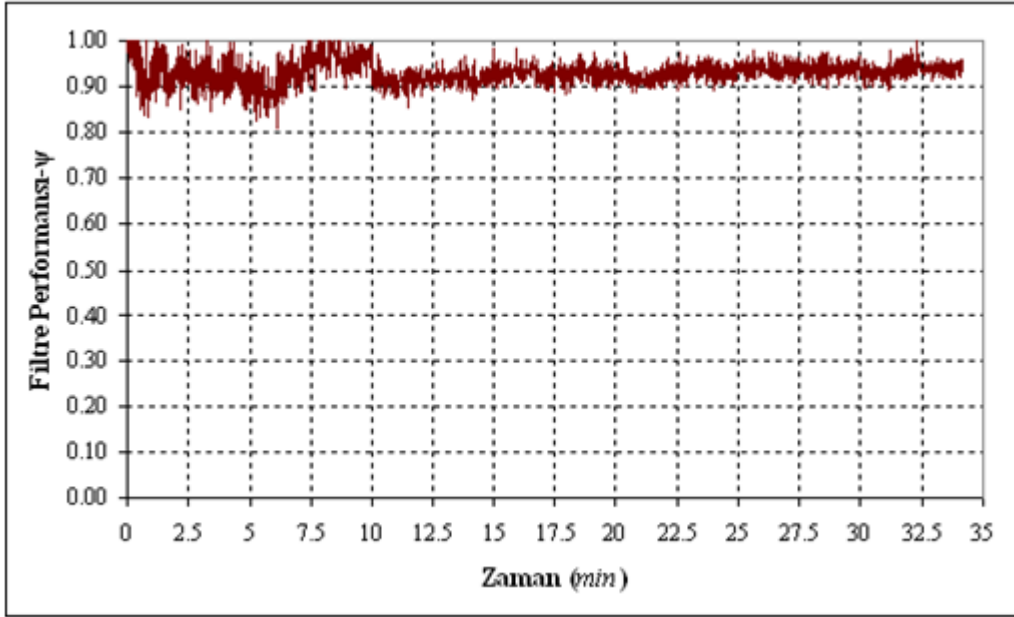
Şekil 12. BK'lı çalışmada giriş ve çıkış konsantrasyonu

Manyetik filtrenin performansını bulmak için formül 1 kullanılmıştır [2].

$$\psi = 1 - \frac{c_0}{c_i} \quad (1)$$

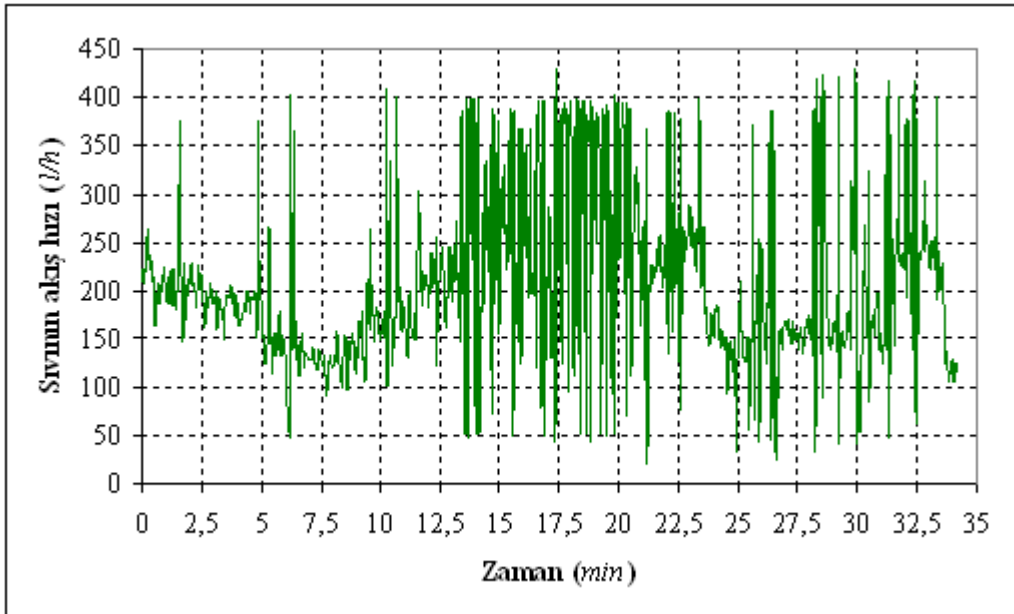
Formül 1'de  $C_0$ -çıkış konsantrasyonu,  $C_i$  giriş konsantrasyonu ve  $\Psi$ - MF performansdır. Formül 1 kullanılarak MF performansının değişimi Şekil 13'deki gibi elde edilmiştir.





Şekil 13. MF giriş-çıkış konsantrasyonu

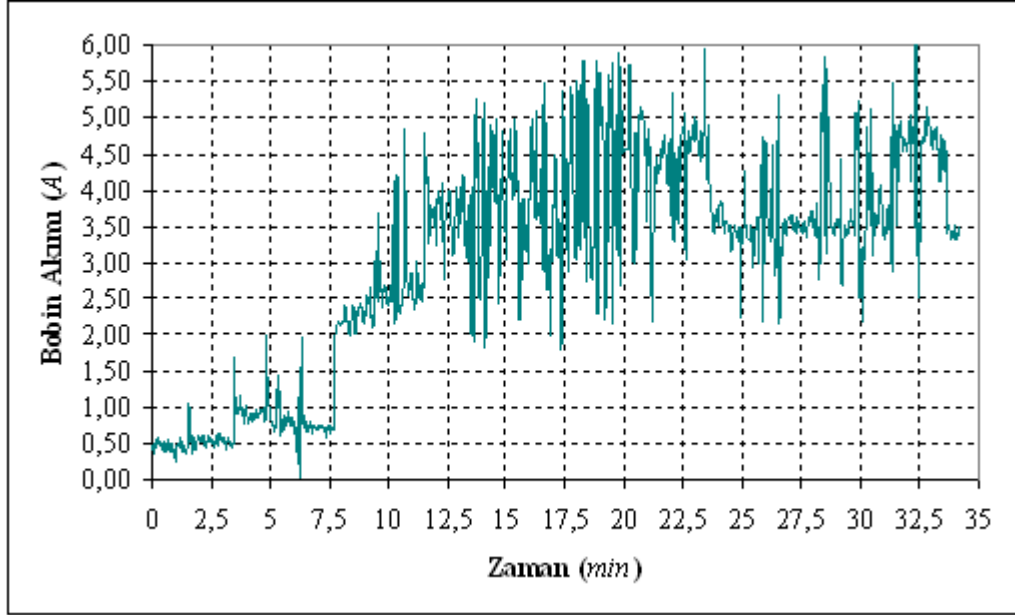
Yapılan deneyde manyetik filtre içerisinde geçen sıvının akış hızı değişimi Şekil 14'da gösterilmiştir.



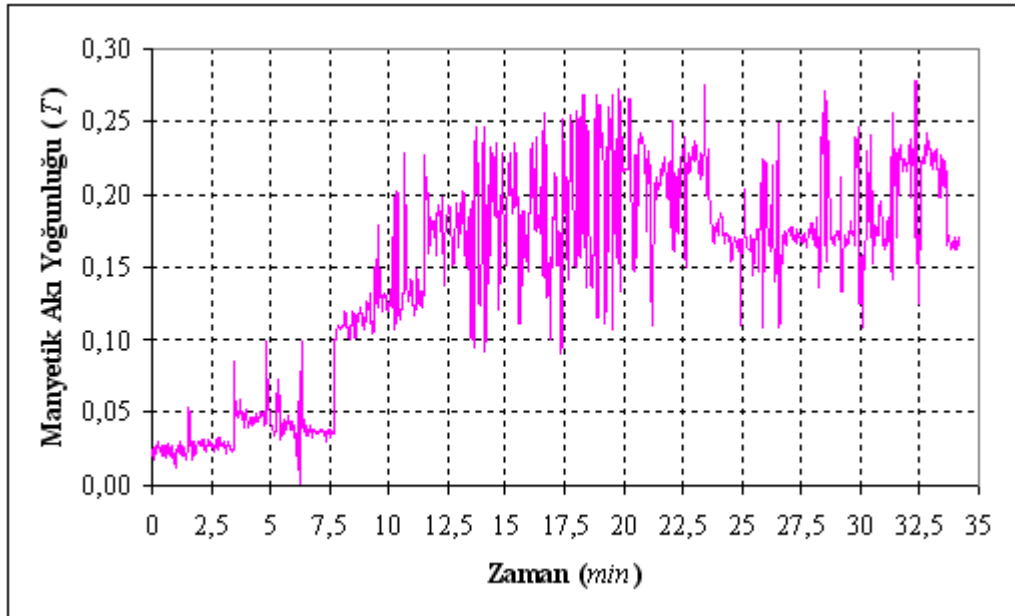
Şekil 14. Sıvının akış hızının zamanla değişimi (10-300 l/h)

Şekil 12'de görüldüğü gibi giriş ve çıkışındaki parçacık konsantrasyonu değiştikçe filtrenin fark konsantrasyonu da değişmektedir. Ancak bu değişimlere bağlı olarak

kontrolörden gelen sinyaller ile MF bobinine uygulanan akım da değiştirilmektedir (Şekil 15) dolayısıyla MF'nin akısı da değişmektedir (Şekil 16).



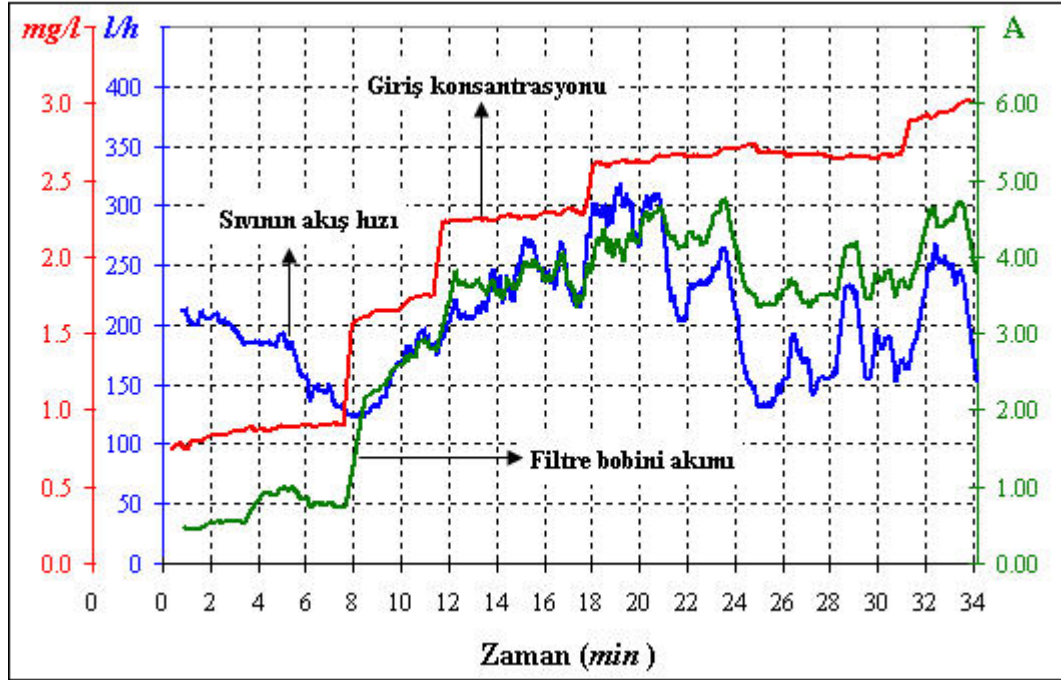
Şekil 15. MF bobinine uygulanan akımın zamanla değişimi (0,5-5 A)



Şekil 16. MF manyetik akısının zamanla değişimi (0,025-0,22 T)

Tüm bu değişimler filtrenin performansının maksimum değerde kalmasını sağlamaktadır (Şekil 12).

Deneyde sıvının akış hızı ve giriş konsantrasyonu değişimine göre filtre bobini akımı değişimi Şekil 17’de gösterilmiştir.



Şekil 17. Giriş konsantrasyonu, sıvının akış hızı ve filtre bobini akımı

Şekil 14 - Şekil 17’de görüldüğü gibi bulanık kontrol ile sıvının akış hızı ve filtre girişindeki parçacık konsantrasyonuna göre filtre bobinine uygulanan akım da değişmektedir. Sıvının akış hızı belli bir değerde sabit tutulurken, giriş konsantrasyonu arttığı zamanlarda filtre bobinine uygulanan akım artmakta, giriş konsantrasyonu düştüğü zaman filtre bobinine uygulanan akım da düşmektedir. Tam tersi durumda da yani parçacık konsantrasyonu belli bir değerde sabit tutulurken, sıvının akış hızı arttırıldığı zamanda filtre bobini akımı artmakta sıvının akış hızı düştüğü zamanlarda filtre bobini akımı da düşmektedir. Aynı şekilde hem sıvının akış hızı hem de parçacık konsantrasyonu yükseldiğinde filtre bobini akımı artmakta, düştüğü zamanda filtre bobini akımı düşmektedir. Diğer durumlarda da filtre bobini akımı uygun değere gelmektedir.

Böylece filtre matrisinden geçen sıvı içerisindeki manyetik özellikli parçacıkların yakalanması, sıvının akış hızı ve parçacık konsantrasyonu değişimlerine bağlı olarak filtre bobini akımı kontrolü ile sağlanmaktadır. Diğer bir ifade ile bu iki parametrenin değişimlerine bağlı olarak filtre performansı maksimum seviyede tutulmaktadır.

Gerçekleştirilen yazılım ile iki adet filtre kontrolü gerçekleştirildi. Bu filtrelerden bir tanesi sıvıyı temizlerken diğeri çalıştırılmamaktadır. Çalışan filtrenin çıkış konsantrasyonundaki değer referans değerini kontrolöre gönderdiği anda durdurulmaktadır. Aynı anda diğere filtre, sıvıyı temizlemeye başlamaktadır. Birinci filtreye ise kontrolör ile artık mıknatisiyetinden dolayı 20 Hz'lik AC uygulanmaktadır. AC uygulanan bu filtreye kontrolörden gelen sinyaller ile uygun selenoit valfler çalıştırılmakta ve basınçlı şebeke suyu ile filtre yaklaşık 15 dk'da temizlenmektedir. 15 dk. sonra birinci filtre matrisinin temizleme işlemi durdurulmaktadır. Bu süre sonunda tekrar bir önceki rejenerasyon çalışmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma ile gerçekleştirilen filtre tasarımı ve kontrolü;

Sıvının akış hızı ve parçacık konsantrasyonuna göre akı kontrolü sağladığından enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Filtre matrislerinin tekrar tekrar kullanılmasından dolayı ekonomik kazanç sağlamaktadır.

Filtre hem kendini hem de sıvıyı temizlediğinden dolayı zaman kazancı sağlamakta ve kaliteyi arttırabilmektedir.

Gerçekleştirilen filtrenin enerji santralleri, çelik eşya üretimi vb. birçok sanayi alanında kullanılabilirliği görülmüştür.

Sistem iş gücü gerektirmeyen bir kontrol sağladığı için hata oranı oldukça düşük olmaktadır.

Filtre performansını etkileyebilen diğer faktörler için de sensörler kullanılmak suretiyle çok daha yüksek performans elde edilebilir.

Filtre kontrolünde bulanık kontrol tekniği yanında diğer yapay zekâ tekniklerinden faydalanılarak kendi kendini eğitip geliştiren bir hibrid yapı ortaya çıkarılabilir.

Yüksek maliyetli yazılım ve donanım kullanımının minimize edilmesi çalışmaları yapılabilir.

### **Teşekkür**

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir (Proje No:05401039).

**Not:** Bu çalışmada İsmail Sarıtaş tarafından Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik ve Elektronik Mühendisliği A.B.D.'da 2008 yılında tamamlanmış olduğu Doktora Tezinden faydalanılmıştır.

### **Kaynaklar**

- [1] Abbasov T., Manyetik Filtre Teori ve Uygulama, Seçkin Yayıncılık, 2003.
- [2] Sarıtaş İ., Elektromanyetik Filtre Tasarımı ve Yapay Zeka Yöntemiyle Adaptif Kontrolü, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği ABD, 2008.
- [3] Watson, J. H. P., Magnetic Filtration, J. Appl. Phys., 1973; 44: 4209-4213.
- [4] Sarıtaş, İ., Özkan, İ.A., Herdem, S., Design of A Fuzzy Expert System for a Magnetic Filter Performance According to Magnetic Field, 5th International

- Conferance on Electrical and Electronics Engineering, ELECO'2007, 2007; 401-406, Bursa.
- [5] Özkan İ.A., Sarıtaş İ., ve Herdem S., Manyetik Filtreleme İşleminin ANFIS ile Modellenmesi, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 12. Ulusal Kongresi ve Fuarı, 2007; 415-418, Eskişehir.
- [6] Haitmann, H.G., “Iron Oxides in Boiles Water Removed Magnetically”, *Industrial Water Engineering*, 1969; 12: 31-33.
- [7] Okada, H., Tada, T., Chiba, A., Mitsuhashi, K., Ohara, T. ve Wada, H., “High Gradient magnetic Seperation for Weakly Magnetized Fine Particles”, *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 2002; 12: 967-970.
- [8] Herdem, S., Abbasov, T. ve Köksal, M., “Manyetik Filtrede Tutulan Parçacıkların Manyetik Alınganlığının Önemi”, *Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği 11. Ulusal Kongresi, İstanbul/Türkiye, Bildiriler Kitabı*, 2005; 1: 44-47.
- [9] Abbasov, T. ve Rüzgar, B., “Yüksek Gradyanlı Alanlarda Manyetik Taşıyıcıların Hedeflendirilmesi Yöntemi” *Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 11. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, İstanbul*, 2005; 1: 99-101.
- [10] Abbasov, T., Herdem, S., and Köksal, M., Particle Capture in Axial Magnetic Filters with Power Law Flow Model, *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 1999; 32: 1097-1103.
- [11] Abbasov, T., Herdem, S., and Köksal, M., Performance of High Gradient Magnetic Filters with Granular Matrix, *Separation Science and Technology*, 1999; 34: 263-276.
- [12] Abbasov, T., Köksal, M. and Herdem, S., Theory of High-Gradient Magnetic Filter Performance, *IEEE Trans. on Magnetics*, 1999; 35, 2128-2132.

- [13] Herdem, S., Abbasov, T., and Köksal, M., Filtration Model of High Gradient Magnetic Filters with Granular Matrix, *Powder Technology*, 1999; 106: 176-182.
- [14] Herdem, S., Abbasov, T., and Köksal, M., Modelling of Buildup Process of Particles in Pores of High Gradient Magnetic Filters by Using Fokker-Planck Equation, *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 1999; 32: 3146-3150.
- [15] Ceylan, K., Herdem, S., and Abbasov, T., A Theoretical Model for Estimation of Drag Force in the Flow of Non-Newtonian Fluids Around Spherical Solid Particles, *Powder Technology*, 1999; 103: 286-291.
- [16] Collar, H. K., Kokkola, M. and Ritvos, A., Analysis Of Magnetic Filter Experiments With Polydisperse Particle Suspensions, *IEEE Trans. Magn.*,1979; MAG-15: 1529-1531.
- [17] Cuellar, J. and Alvaro, A., Fluid Solid Mass Transfer In Magnetic Filtration, *Separation Science and Technology*, 1995; 30: 141.
- [18] Köksal, M., Abbasov, T. and Herdem, S., Mathematical Modeling of the Magnetic Filtration Processes, *Int. J. of Appl. Electromagnetics and Mechanics*, 2003; 18: 227-234.
- [19] Herdem, S., Köksal, M., and Abbasov, T., Model for Predicting Filtration Efficiency and Pressure Drop in Axial Magnetic Filters, *Separation Science and Technology*, 2000; 35: 941-950.
- [20] Herdem, S., Köksal, M. and Abbasov, T., Simulation of Magnetic Filtration Process of Technological Liquids and Gases by a Nonlinear Electrical Circuit, *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2001; 34: 238-242.

- [21] Saritas İ., Taskiran U., Unal Y., Control of Heat of Operating Room by Approach of Fuzzy Method, 4th International Advanced Technology Symposium, 2005; 1: 117–121.
- [22] Şengirgin, M., Isıtma, Havalandırma ve Klima Sistemlerinde Denetimin Dünü ve Bugünü, [www20.uludag.edu.tr/~smesut/pdf/HVAC-ttmd.pdf](http://www20.uludag.edu.tr/~smesut/pdf/HVAC-ttmd.pdf), Son erişim Mayıs 2006.
- [23] Allahverdi N, Expert Systems, An Application of Artificial Intelligent, Atlas Press, 2002.
- [24] Tsoukalas L. H. ve Uhrig R. E, “Fuzzy and Neural Approaches in Engineering”, John Wiley & Sons, Inc. New York, USA, 1997.
- [25] Wakami N, Araki S, Nomura H, “Recent Applications of Fuzzy Logic to Home Appliances”, Proceedings of the IECON '93. International Conference, 1993; 1: 155–160