

Otomatik Kontrol Sistemlerinin Öncüleri

Doç. Dr. Atilla BİR

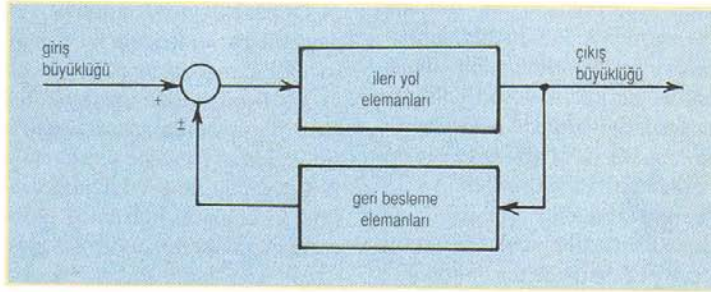
21 Yıldan Seçmeler...

Mayıs 1983 tarihli 17. sayımızdan

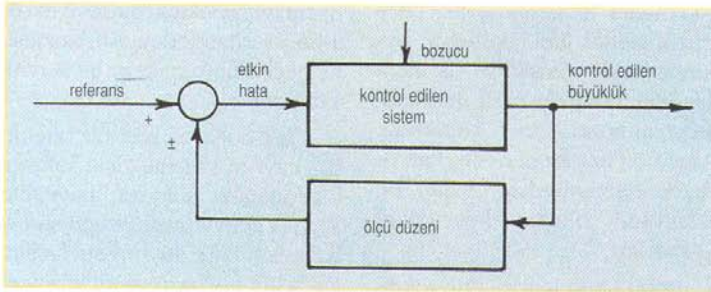
Otomatik kontrol sistemlerinin teorisi **geribesleme** kavramıyla ilişkilidir. Belirli bir görev yerine getirme amacı ile birlikte iş gören elemanlar topluluğuna **sistem** denir. Bir sistemde eğer çıkış büyüklüğü, sistem giriş büyüklüğünü artış ya da azalış yönünde etkiliyorsa **geribeslemeli bir sistem** elde edilmiş olur (**Şekil: 1**).

Dinamik sistemlerin temelini oluşturan geribesleme kavramının bilincine çok yakın zamanlarda varılmış olmasına rağmen (19. yüzyıl sonu), bu düşüncenin eski çağlardan beri algılandığı ve başarı ile uygulandığı bilinmektedir. Mühendislikte **kontrol** sistemleri belirli bir duruma yönlendirme anlamına gelmektedir. **Otomatik kontrol sistemlerinde** belirli bir büyüklük, bozucu etkisi altında dahi, istenen bir biçimde değiştirilmek, ya da be-

lirli bir değerde sabit tutulmak istenir. Buna göre bir geribeslemeli sistem olan otomatik kontrol sistemlerinde verilmiş olan belirli bir değişken, bir sistem değişkeni ile karşılaştırılmakta ve sistem bu değişkenler arasındaki farka göre etkilenmektedir. Otomatik kontrol sistemlerinin temel blok diyagramında kontrol edilen sistem ileri yolda, kontrol edilen büyüklüğü ölçen düzen ise geribesleme yolunda yer alır. Ölçü düzeninin çıkışı referans büyüklükle karşılaştırılarak etkin hata elde edilmekte ve kontrol edilen sisteme uygulanmaktadır. Sistemi bulunduğu konumdan saptırmaya çalışan bozucu büyüklük ileri yol elemanlarına etki eder (**Şekil: 2**).



Şekil 1- Geribeslemeli bir sistem

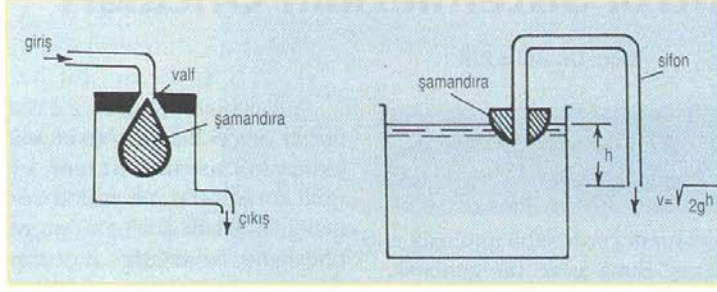


Şekil 2- Otomatik kontrol sistemi

Çağlar boyu bilinçli ya da bilinçsiz gerçekleşmiş olan otomatik kontrol sistemlerini açık çevrimli kontrol sistemlerinden ayırmak için **Şekil: 2**'de görülen geribesleme özelliğinin bir sistemin yapısında bulunup bulunmadığını saptamak gerekir.

Yapılmış olan incelemelerden teknik yönden gerçekleştirildiği bilinen ya da belgelerde bilinçli olarak tasarlanmış ve çalışabilirliği denenmiş olan en eski otomatik kontrol düzenleri Hellenizme kadar uzanmaktadır. En eski uygulamalar su saatlerindeki debi kontrolüne ilişkindir. **İskenderiye**'de **Ktesibios**'un (M.Ö. III. yüzyıl) geliştirmiş olduğu debi kontrolü modern otomobillerdeki yakıt akışını ayarlayan karbüratörlere benzenmektedir (**Şekil: 3**). Burada amaç saat kabına akan suyun debisini bir valf şamandıra kombinasyonu ile sabit tutmaktır. Ktesibios'un orijinal eseri kayıp olmasına rağmen kullandığı kontrol düzeninin rekonstrüksiyonu romalı mimar Vitruvius'un anlatımından elde edilebilmektedir.

Ktesibios'tan bir nesil sonra yaşadığı tahmin edilen **Bizantiyonlu Fliyon** (M.Ö. III. yüzyılın ikinci yarısı) Pnömatika adlı eserinde kandillerde yağ seviyesinin ayarına ilişkin örnekler vermektedir. Bu düzenlerde hava sızdırmayan yağ deposuna giren hava miktarı kandil yağı seviyesi h tarafından kontrol edilerek seviyenin aynı kalması sağlanmış olur (**Şekil: 4**). İlginç olan bugün Pnömatika'nın sadece Süleymaniye Kütüphanesi'nde bulunan arapça çevirilerinden bilinmesidir (Ayasofya 2755 ve 3713).

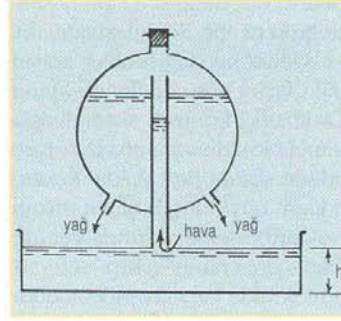


Şekil: 3- Ktsibius'un debi regülatörü.

Şekil: 4- Fliyon'un seviye regülatörü

Otomatik kontrol tarihi ile ilgili üçüncü büyük isim M.S. I. yüzyılda yaşadığı bilinen **İskenderiyeli Heron**'dur. Heron'un yine Pnömatika adlı eserinde otomatik kontrol düzenleri yanında modern anlamda otomatlarla da rastlanmaktadır. Tapınaklarda ilgi çekmek, hamamlarda özel ihtiyaçları karşılamak ya da sadece eğlenmek için geliştirilen bu kontrol düzenleri ve otomatlar sonraki yüzyıllarda başka çevrelerin özellikle İslam bilim adamlarının ilgisini üzerine çekmekteydi. Yukarıda verilen prensibe dayanan çok sayıda kontrol düzeni yanında dışarıya sabit bir v hızıyla sıvı akıtan şamandıralı sifon ilginç bir regülatör uygulaması oluşturur (Şekil: 5). Şamandıralı sifonun su saatlerinde başarıyla uygulandığı varsayılabilir.

Hellenizm'de zirveye erişen bilimsel gelişmelerin Bizans saraylarında parlıtısı gittikçe azalırken Bağdat'ta Abbasi halifeleri çevresinde meşalenin tekrar alevlendiği gözlenir. Horasanlı Musa bin Şakir'in oğulları Muhammed Hasan ve Ahmed bilim ve teknoloji tarihinde Benü Musa ya da Musaoğulları olarak bilinir. Benü Musa kardeşler Abbasi halifesi Memun (M.S. 813-833) ve onu izleyen halifeler zamanında matematiksel bilimlerin gelişmesi yönünde etkin rol oynamış kişilerdi. Kardeşlerden Ahmed'in



Şekil: 5- Sabit hız regülatörü

teknolojiye ilgisi Kitab-al Hiyal adlı bir eserin yazılmasına neden olmuş olmasıdır (M.S. 850). Ülkemizde Topkapı Sarayı III. Ahmed Kütüphanesi'nde bulunan bu eserde (A 3474) sihirli kaplar, fiskiyeler, kandiller, bir dansimetre, bir körük ve bir kaldırma düzeninden söz edilmektedir. Cisim, su ve hava etkisiyle oluşturulan "harika düzenler" ya da "harika otomatlar" bilimine İslam dünyasında "ilm al alat al ruhaniyet" (pnömatik aletler ilmi) ya da kısaca "ilm al hiyal" (harika düzenler ilmi) adı verilmektedir. Akfani'nin tanımına göre "pnömatik aletler ilmi, boşluğun bulunmaması prensibine dayanan birtakım aletlerin nasıl imal edileceğini konu edinen bir ilimdir. Amaç ölçülü kaplar, sifonlar ve diğer elemanlardan oluşan bu düzenleri oluştururken zihni eğitmektir."

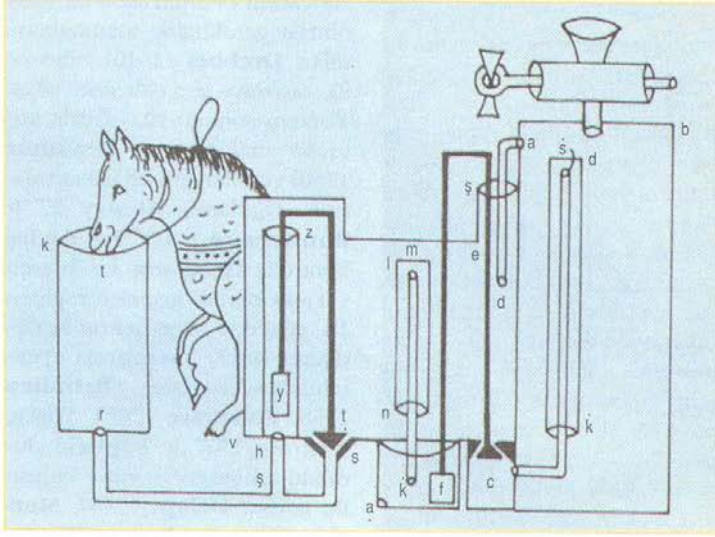
Benü Musa kardeşlerin Kitab-al Hiyal adlı eserinde yer alan

100 düzen içinde 18 tane otomatik kontrol düzeni bulunur. İncelediğinde bunların teknik yönünden mükemmel, bugün hâlâ kullanılabilir türden otomatik kontrol sistemleri olduğu görülür. Tüm sistemleri ele alıp incelemek mümkün olmadığından burada sadece kitapta yedinci düzen olarak "içindeki 2 litreye yakın suyu 20'ye yakın küçük baş hayvan içmek istediğinde seviye azalmayıp aynı kalan, ancak bir boğa içtiğinde suyu tükenen bir yalak" başlığı altında verilen sistemi ele alalım (Şekil: 6).

Düzene su, huni biçimindeki b musluğundan doldurulur. Su a-b haznesinin içindeki k-s sifonunun üst seviyesine ulaşınca s-c borusundan ve c valfinden e-v haznesine geçer, başlangıçta t valfi kapalı olduğundan seviye bu hazne a-d borusunun d ucu suyla tıkanınca, ya da a-b haznesine hava geçişi önleninceye kadar yükselir. Doldurma işlemi tamamlandıktan sonra hava sızdırmayan b musluğu kapatılır.

Düzeni devreye sokmak için hayvanların su içeceği k-t yalağına da bir miktar su dökülür. Bu su r-ş borusundan geçerek h-z haznesinin içindeki y şamandırasını kaldırır. Böylece t valfi açılır ve k-t yalağı ile e-v haznesi arasındaki bağlantı kurulmuş olduğundan yalaktaki suyun seviyesi hazne seviyesine kadar yükselir. Öngörüldüğü gibi küçükbaş hayvanlar yalaktan su içtikçe hazne ve yalaktaki su seviyesi d-a borusu üzerinden a-b haznesine geçen hava miktarı ile sürekli ayarlanır.

Eğer boğa, at gibi bir büyükbaş hayvan su içmek için kafasını k-t yalağına sokarsa, hayvanın ağzıyla geriye püskürttüğü su e-v haznesindeki suyun seviyesini yükseltir. e-v haznesindeki suyun seviyesi n-1 sifonunda -1 sevi-



Şekil: 6- Beni Musa'nın Kitab-al -Hiyal adlı eserinde seviye kontroluna ilişkin bir örnek

yesini aştığı an haznedeki su n-l-m-k* yolunu izleyerek süratle k*-a* haznesine akmaya başlar. Burada bulunan f şamandırası kalkar ve c valfini tıkır, böylece a-b haznesindeki suyla e-v haznesindeki su seviyesinin ayarlanması bir süre önlenmiş olur. k-t ve e-v haznelerindeki suyun tümü r-v-s seviyesine kadar boşalır ve ayrıca y şamandırası da inmiş olduğundan t* - valfi kapanarak yaklakldepo arasındaki ilişki de kesilmiş olur. k* - a* haznesine dökülen depo suyu bu haznenin dibindeki a* deliğinden bir süre sonra tamamen dışarıya akar. Boşalma sonunda f - şamandırası inince c-valfi açılır ve e-v haznesindeki su tekrar ayarlanmaya başlar. Ancak k-t yalağını devreye sokmak için başlangıçta olduğu gibi buraya tekrar dışarıdan biraz su dökerek y-şamandırasını kaldırmak ve t-valfinin açılmasını sağlamak gerekir.

Düzen şamandıralı valf ve hava kontrol motiflerinin başıyla uygulandığı ilginç bir örnektir. Kitapta verilen diğer otomatik kontrol düzenlerinde bugün tuvalet sifonlarında kullanılan şa-

mandıralı valflerin ilk örneklerine rastlanır.

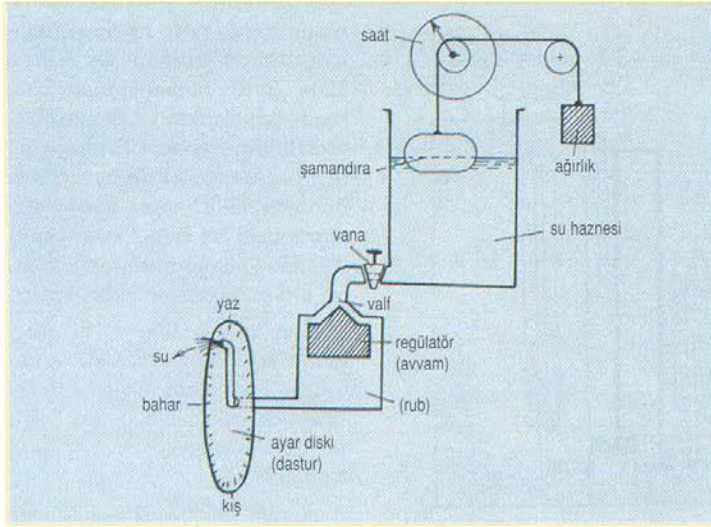
Klasik dünyanın eski Mısır'dan aldığı ve geliştirdiği su saatlerinin boyutları Hellenizm'de gittikçe büyüyerek meydan saatleri biçimini almış bulunuyordu. Gelenek İslam dünyasında devam etti ve XIII. yüzyılın başında gerçekleşen güzel eserler ve yazılan ilginç kitaplarla en ileri aşamaya erişildi. Burada konuyla ilgili en geniş eseri vermiş olan **Cizreli Eb-ül-iz'i** tanıtalım. Batı dünyasında adı kısaca "al Cazari" olarak bilinen "Badi'al-Zaman Abu al-izz İsmail al-Razzaz al-Cazari", XIII. yüzyılın başında Diyarbakır Artuklu sarayında saray mühendisi olarak çalışmış olan bir mühendis ve bilim adamıdır. Biz bugün al Cazari'yi su saatleri, otomatik kontrol düzenleri, fiskiyeler, kan toplama kapları, şifreli anahtarlar ve otomatlar gibi pratik ve estetik birçok düzeni tasarlayan ve bunların nasıl gerçekleştirileceğini anlatan "Kitab-al Hiyal" adlı kitabın yazarı olarak tanıyoruz. Eb-ül-iz'in Sultan Kutb al Din Sokman II (1185-1200) ve kardeşi Nasır al

Din Mahmut (1200-1222) zamanında 25 yıl (1181-1206) Artuklulara hizmet ettiğini ve eserini 1206 yılında tamamladığını kitabının önsözünden öğrenmekteyiz. Bugün İstanbul Topkapı Sarayı III. Ahmed Kütüphanesi'nde bulunan A3472 sayılı yazma, özgün eserin bir ikinci el kopyasıdır. Altı kısımdan oluşan eserde 50 farklı düzen anlatılmaktadır.

Eserde ele alınan 11 adet saatin ikisi otomatik debi kontrollü, su saatlerinden oluşur. Bu saatlerde de Ktesibios'un buluşu olan regülatörler kullanılmaktadır.

Ancak islamiyette güneşin doğuşu ile batışı arasındaki zamanın 12 eşit parçaya bölünmesi gerektiğinden düzene regülatörün referans seviyesini mevsimlere göre ayarlayan bir sistem ilave edilmiştir (Şekil: 7).

Saatin mekanizmasını bir gün ya da 12 saat boyunca çevirmek için gerekli olan su miktarı silindirik bir su haznesinde bulundurulur. Eğer su 12 saat içinde düzenli bir şekilde boşaltılabilirse haznedeki suyun seviyesi güneşin doğuşu anından itibaren geçen zamanı ya da güneşin batışına kadar kalan zamanı belirtmekte kullanılabilir. Hazne seviyesi bir şamandıraya tutturulmuş olan iple saat kadranına iletilir. Saat kadranını çevirmek için gerekli olan sürtünme kuvveti ipin diğer ucuna bağlanan karşı ağırlıkla sağlanır. Güneş doğduğu an haznenin dibinde bulunan vana açılınca hazne suyu içinde bir şamandıralı valf (avvam) bulunan regülatör haznesine (rub) akmaya başlar. Regülatör haznesinin çıkış borusu girişinden daha dar olduğundan hazne suyunun seviyesi yükselir ve şamandıralı valf ya da avvam giriş borusunu tıkamaya başlar. Böylece kısa zamanda giriş ve çıkış debileri- ➤



Şekil: 7- Al-Cezeri'nin referans ayarlanabilir otomatik debi kontrolü

nin eşit olduğu sürekli çalışma durumuna erişilir. Ancak haznedeki suyun debisi regülatör haznesindeki suyun seviyesi, diğer bir deyişle şamandıralı valf ile çıkış borusunun ucu arasındaki seviye farkı ile orantılıdır. Bu nedenle çıkış borusu bir ayar diskinin (dastur) merkezi etrafında serbest çevrilebilecek şekilde oluşturulur. Ayar diskinin üzerinde çıkış borusu ucunun mevsimlere göre bulunması gereken konumlar kayıtlıdır. Günlerin uzun olduğu yaz aylarında suyun yavaş akması için boru ucu diskin üst kısmına, günlerin kısa olduğu kış aylarında ise suyun hızlı akması için alt kısmına çevrilir. Böylece regülatör haznesinin su seviyesi mevsimlere göre ayarlanarak haznedeki suyun boşalma zamanı ayarlanmış olur. Bu ise kontrol sisteminde referans büyüklüğünün değiştirilmesi anlamına gelir.

Eb-ül-iz örneğinden görüldüğü gibi otomatik kontrol sistemleri ile ilgili bir gelenek yüzyıllar boyunca başarılı bir şekilde uygulanmış ve sürekli geliştirilmiştir. Ancak XIII. yüzyılın so-

nunda İslam dünyasında bilimsel gelişmenin duraksadığı ve Moğol istilalarından sonra süratle gerilediği gözlenir. Batı, hacı seferleri ile ilk kez karşılaştığı doğu dünyasından pek çok bilimsel ve teknolojik bilgiyi transfer etmiş, rönesansla birlikte arayış hızla adımlarla kapamaya başlamıştır. Batı'nın Osmanlılar'la olan karşılaşmasında kaydedilen üstünlüğü ağırlığı gittikçe hissedilir olmuştur. Doğu'nun en son özgün mühendis ve bilim adamı **Takiyüddin**'dir (1521-1585). III. Murad (1564-1595) devrinde 1579'da kurulan Beyoğlu Rasathanesi'nde çalışmış astronomi başta olmak üzere pek çok konuda eser vermiştir. Bunların içinde mekanik saat konstrüksiyonu ile ilgili olan eser bu konudaki bilginin batıdan daha ileri olduğunu kanıtlayan bir belgedir. Rasathane 1583'te padişahın emriyle tahrip edilince doğunun son bilim merkezi de sönmüş oldu.

Batı'da otomatik kontrol düzenleri ilkin simya ilmiyle uğraşan çevrelerde gelişti. Altını sentetik olarak imal etmeye çalışan

simyacılar ortamın sabit bir ısıda olması gerektiğine inanmaktaydılar. **Drebbel** (1610) böylece ilk otoklavı gerçekleştirmiş oldu. Yöntem sonraki yüzyıllarda kuluçka makinasına (**Reaumur** 1750) ve nihayet buhar kazanlarına uygulandı (**Henry** 1771, **Bonnemain** 1777). Seviye kontrolü Hellenizm ve İslamiyet'teki parlak geçmişe rağmen 18. yüzyılda adeta tekrar keşfedilerek buhar kazanlarına uygulanmaya başladı (**Brindley** 1758, **Polzunov** 1765). Basınç kontrolü 1707'de **Papin**'in düdüklü tencereye benzer buluşu ile gelişti, **Delap** (1799), **Murray** (1799), **Boulton ve Watt**'in (1820) yöntemleri buhar kazanlarında uygulama alanı buldu. Hız kontrolünün ilk uygulamaları İngiltere'de değirmenler üzerinde görülmeye başladı. Mahalli bir teknoloji denesinin gerekçesiyle geliştirilen yöntem dönen top sarkaçlarından yararlanmaktaydı. Guvernör adı verilen bu elemanın pek çok patenle kullanılmış olduğu görülür (**Mead** 1787, **Hooper** 1789). Bu yöntem, sonunda **Watt**'in buhar makinasındaki yerini aldı (1788) ve uzun süre korundu. Guvernörlerin **Maxwell** (1868) ve **Routh** (1877) tarafından matematiksel olarak incelenmesi ise teorik kontrol mühendisliğinin temellerini teşkil etti. Sistemlerin kararlılık analizine ilişkin pek çok kavramı bu ilk uygulamacıların yaratıcılıklarına ve kuramcılarının buluşlarına borçluyuz.

Kaynaklar:

- 1- Mayr, Otto; The Origins of Feedback Control, MIT Press 1970.
- 2- Hill, Donald R.; The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices - Reidel, 1974.
- 3- Hill, Donald R.; The Book of Ingenious Devices - Reidel, 1979.
- 4- Ünver, Süheyl A.; İstanbul Rasathanesi-Türk Tarih Kurumu Yayını, 1969. ●