

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU HAZIRLAMA
SİSTEMLERİNDE ÇEVRE ETKİLEŞİMLİ ENERJİ
YÖNETİM MODELİ**

Özkan ÇEÇEN

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Koray ÜLGEN

Güneş Enerjisi Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 625.05.01

Sunuş Tarihi : 10.05.2010

Bornova-İZMİR

2010

Sayın **Özkan ÇEÇEN** tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak sunulan **“Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinde Çevre Etkileşimli Enerji Yönetim Modeli”** başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 10 Mayıs 2010 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı :Yrd.Doç.Dr.Koray ÜLGEN

Raportör Üye :Yrd.Doç.Dr.Tahsin BAŞARAN

Üye :Yrd.Doç.Dr. Engin KARATEPE

ÖZET**GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU HAZIRLAMA SİSTEMLERİNDE ÇEVRE
ETKİLEŞİMLİ ENERJİ YÖNETİM MODELİ****ÇEÇEN, Özkan****Yüksek Lisans Tezi, Güneş Enerjisi Enstitüsü****Tez Yöneticisi: Yrd. Doç. Dr. Koray ÜLGİN****10 Mayıs 2010, 69 sayfa**

Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri, yaygınlaştırılmaya çalışılan yenilenebilir enerji teknolojileri içinde uygun maliyetle en fazla faydayı sağlayabilen sistem alternatiflerinden biridir. Sıcak suyun doğrudan tüketimi yanında ısıtma ve nitelikli su hazırlama uygulamalarında da kullanılabilmesi nedeniyle önemi artmaktadır.

Birçok ülkede yenilenebilir enerji kaynakları teşvik edilen enerji türleri olduğu halde umulan yaygınlığa da ulaşmış değildir. Aynı sebeple ülkemizde de bu konuda daha fazla mesafe kaydedilmesi için bu çalışmada mevcut sistemlerinin özelliklerinin ve verimliliğinin geliştirilmesi için gerekli iyileştirmeler araştırılmıştır.

Çok sayıda görevi daha iyi düzeyde yerine getirirken daha az hesaplama gücüne ihtiyaç duyulması için geleneksel otomasyon yöntemleri kullanılmamış, bu konuda çok daha az örneğe sahip bulanık mantık yöntemi, dilsel kural tabanına sahip bir alternatifle yeniden geliştirilmiştir. Sonuç olarak daha az enerji tüketimine, daha kısa sistem cevap süresine, daha fazla kullanıcı konforuna ve daha kolay imal edilebilirliğe sahip bir güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemi öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, sıcak su hazırlama, bulanık mantık, otomasyon

ABSTRACT**ENVIRONMENTALY CORRELATED ENERGY MANAGEMENT
MODEL FOR SOLAR HOT WATER SYSTEMS**

ÇEÇEN, Özkan

M.Sc. Thesis, Solar Energy Institute

Supervisor: Asst.Prof.Dr. Koray ÜLGİN

May 10th 2010, 69 pages

Solar hot water production systems are one of the system alternatives among renewable energy technologies which are becoming widespread, that provide most benefits spending acceptable costs. It is becoming more important because of its ability to be used in heating and quality water producing applications.

Although renewable energy resources are encouraged in most countries, it has not been widespread as expected. Because of the same reason, in this study, necessary redevelopment for present systems' characteristics and efficiencies are investigated for further progress on the subject in our country.

System to demand less process power satisfying a wide range of objectives, conventional automation methods are not used. Instead, fuzzy logic method which has less examples on the subject, is re-developed as an alternative possessing a linguistic rule base. In conclusion, a solar hot water production system of less energy consumption and system response time, more user comfort orientation and easier manufacturability is prescribed.

Keywords: Solar energy, hot water production, fuzzy logic, automation

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince sağladığı olanaklar ve destekler için Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Müdürü Sayın Prof. Dr. Günnur KOÇAR'a, bilgi birikimleri ile beni yönlendiren, hatalarımı düzeltmeme yardımcı olan ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Yrd.Doç.Dr. Koray ÜLGEN teşekkürlerimi sunarım. Zorlu bir süreç olan tez çalışmalarım süresince her türlü desteklerini benden esirgemeyen sevgili aileme minnettarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Doğal Dolaşımli Sıcak Su Hazırlama Sistemleri	7
2.2. Cebri Dolaşımli Sıcak Su Hazırlama Sistemleri ve Kontrol İhtiyacı	8
2.3. Değişken Devirli Pompalar İçin Alternatif Sistemler	10
3. BULANIK MANTIK	15
4. TAM OTOMASYONLU BİR SICAK SU HAZIRLAMA SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ	21
4.1. Sistem Bileşenlerinin İncelenmesi	21
4.1.1. Otomasyon üniteleri	22
4.1.2. Toplayıcı Devresi	28
4.1.3. Pompalar	35
4.2. Tek Merkezli Entegre Otomasyon	45
4.3. Büyük Ölçekli Sistemler	46
5. MANTIKSAL MODEL VE ANALİZİ	51
5.1. Dilsel Kural Tabanına Dayalı Sistemler	51
5.2. Bulanık Mantık ile Programlama	57
5.3. PLC Programı	59
6. TARTIŞMA	63
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	65
7.1. Sonuçlar	65
7.2. Öneriler	66
KAYNAKLAR DİZİNİ	67
ÖZGEÇMİŞ	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 İlk ticari sıcak su hazırlama sistem.	5
Şekil 2.2 Doğal dolaşımli sıcak su hazırlama sistemi.....	7
Şekil 2.3 Cebri dolaşımli sıcak su hazırlama sistemi.....	8
Şekil 2.4 Kapalı çevrimli sıcak su hazırlama sistem.....	9
Şekil 2.5 Basit kontrollü kapalı çevrimli sıcak su hazırlama sistemi.....	10
Şekil 2.6 Toplayıcı devresinde oransal devir ayarı yapan kontrol sistemi.....	11
Şekil 2.7 PV destekli doğru akımlı pompa uygulaması.	12
Şekil 2.8 Paket tip boyler çözümü ve kontrol paneli.	13
Şekil 3.1 Ortam sıcaklığı kontrol sisteminin bulanık mantık kümeleri.	16
Şekil 3.2 Bulanık mantık kümelerinden sonuç çıkarımı.	17
Şekil 3.3 Kural tabanlı bulanık mantık kontrol döngüsü örneği.....	18
Şekil 4.1 PC mimarisi	24
Şekil 4.2 PC kontrollü sıcak su hazırlama sistemi.	25
Şekil 4.3 Mikro denetleyici kontrollü sıcak su hazırlama sistemi.	26
Şekil 4.4 PLC ve modüllerin montajı.....	27
Şekil 4.5 PLC kontrollü sıcak su hazırlama sistemi.....	28
Şekil 4.6 Tichelmann prensipli büyük toplayıcı grubu bağlantısı	29
Şekil 4.7 Seri ve paralel toplayıcı grubu bağlantısı.	29
Şekil 4.8 Toplayıcı devresinin seri-paralel değiştirilmesi.....	31
Şekil 4.9 Değişken bağlantılı toplayıcı devresi.....	31
Şekil 4.10 Toplayıcılar 6'lı paralel düzende 3'lü seri gruplandırılmış bağlantı şeması.....	33
Şekil 4.11 Toplayıcıların tamamı paralel gruplandırılmış bağlantı şeması.	33
Şekil 4.12 İhtiyaç fazlası toplayıcı grubunu devre dışı bırakma bağlantı şeması.....	34

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 4.13 Toplayıcı devresi değiştiricisi için örnek algoritma.	35
Şekil 4.14 Dört pompalı sıcak su hazırlama sistemi.	36
Şekil 4.15 Ayrık otomasyonlu sıcak su hazırlama sistemi.	38
Şekil 4.16 Değişken devirli pompada debi-güç-basma yüksekliği ilişkisi	39
Şekil 4.17 Paralel bağlı pompalarda devir kontrolü ve sistem eğrisi.	40
Şekil 4.18 Seri bağlı pompalar ve sistem eğrisi.	41
Şekil 4.19 Değişken bağlantılı toplayıcı devresine sahip sıcak su hazırlama sistemi.	42
Şekil 4.20 Toplayıcı devresi programı için örnek algoritma.	43
Şekil 4.21 Merkezi otomasyon ünitesine sahip değişken toplayıcı devreli sıcak su hazırlama sistemi	46
Şekil 4.22 Büyük ölçekli sistemde merkezi otomasyon örneği.	47
Şekil 4.23 Merkezi otomasyon toplayıcı devresi bölümü.	48
Şekil 4.24 Çok bölgeli ortak tüketimli sıcak su hazırlama sistemi.	49
Şekil 4.25 Ortak depolu ısı katmanlı sıcak su hazırlama sistemi.	50
Şekil 4.26 Ortak depolu, değişken toplayıcı devreli sıcak su hazırlama sistemi.	50
Şekil 5.1 Katmanlı kural tabanı akış şeması örneği.	55
Şekil 5.2 Bisküvi üretimi PLC yazılımı ladder görünümü	58
Şekil 5.3 PLC programı tarama sayfası.	59
Şekil 5.4 PLC programı işlem sayfası.	60
Şekil 5.5 PLC programı bulanık mantık işlem sayfası.	61
Şekil 5.6 PLC programı bulanık mantık işlem sayfası.	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. Sıcak su hazırlama sistemi için kural tabanı örneği.....	19
Çizelge 5.1 Değişken toplayıcı devresi içeren ek ısıtıcılı sisteme ait kural tabanı	52
Çizelge 5.2 Dolaşım hattı tüketim pompası için kontrol sistemi kural tabanı	53
Çizelge 5.3 Sıcaklık farkı alan kural tabanı katmanı	56
Çizelge 5.4 Isıl şoklayıcılar için sayaçlar katmanı.....	56
Çizelge 5.5 Sistem konumu için üst düzey katman	57

1. GİRİŞ

Ülkelerin enerji bilançoları incelendiğinde en büyük enerji talebinin, büyük oranda ulaşım, imalat sektörü ve konut ısıtması için gerçekleştiği görülür. Bunlardan ulaşım gereksinimleri bugün çözülmesi en güç enerji sorunlarını ortaya koymaktadır. Çünkü ulaşım da enerji, en azından bir oranda depolanabilmeli, taşınabilmeli, taşınabilir bir ünite de başka formlara çevrilebilir olmalıdır. Bu yüzden bugün giderek daha yaygın hale gelen yenilenebilir enerji türleri ulaşım için hala yeterince verimli kullanılabilir değildir. Hızla fosil yakıtların yerini alması için de çok daha ileri düzeyde teknolojik altyapıya ihtiyaç vardır.

Enerji talebinde karşılanması en kolay madde ise konut ısıtması olarak düşünülebilir. Zaten bir yapıyı ısıtmak için pozitif iklim etmenleri bulunmaktadır. Güneş doğrudan yapıyı ısıtmaktadır. Yapının kullanımında insan kaynaklı veya donanımsal ısı kazançları vardır. Ayrıca statik olan yapının bu kazançları koruduğu tarafları da mevcuttur. Bu avantajlarla da birçok yenilenebilir enerji kaynağının olumsuz yönlerini karşılayabilir. Örneğin güneş enerjisi ısı kaynağı olarak kullanılacağında en büyük sorun geceleri ve bulutlu havalarda bulunmamasıdır. Yani kesintili bir kaynak olmasıdır. Ancak ısı kazançlarının avantajı, iyi bir yalıtım ve biraz depolama ile bu kesintili kaynak sürekli kullanıma adapte edilebilir. İklimin bu sürekliliği donanımsal olarak pahalı noktaya taşıdığı durumlarda da en azından karma bir sistem ile güneşten en yüksek oranda yararlanılabilir.

Bir binada ısı kaynağı iki yolla kullanılır. Biri kullanım amaçlı sıcak su hazırlamak için diğeri de doğrudan ısınma ihtiyacı için. Her iki ihtiyaç için de en ekonomik sistemler güneş enerjili ısı sistemlerdir. Yenilenebilir enerji alternatiflerinden rüzgâr, yüksek ilk yatırım maliyeti ve karmaşık sistem kurulumu gerektirir. Her yere kurulumu da mümkün değildir. Merkezi santraller düşünüldüğünde de taşıma kayıpları ortaya çıkar ve yine ısınma amaçlı uygun değildir. Üstelik elektriğin ısı enerjisine dönüşümündeki kayıplar da düşünüldüğünde ilk seçenek olamayacağı ortaya çıkar. Fotovoltaik sistemler ise her ne kadar tüketim noktasına kurularak enerjiyi taşıma kaybını ortadan kaldırırsa

da ilk yatırım maliyeti çok yüksek ve teknik verimleri çok düşüktür. Yine elektriğin ısıya dönüşümündeki ikinci kayıp hesaba katılmalıdır.

Isıl sistemlere bakıldığında tablo değişmektedir. Örneğin jeotermal enerji kaynakları ile doğrudan bir ısı kaynağını taşıyarak çok daha ucuza ısıtma yapılabilir. Üstelik sıcak su hazırlamak için de mahal ısıtmak için de aynı teknoloji yeterlidir. Jeotermal bir kaynaktan uzak noktalara ısı taşımak yine büyük ilk yatırım, işletme sorunları, dağıtımda kayıplar ve sürdürülebilirlik zorlukları gibi dezavantajlara da sahiptir. Bu durumda ise ısıtma ihtiyaçları için ideal sistemler güneş enerjili ısı sistemlerdir. Bu sistemde güneşe maruz kalan toplayıcı maddenin güneşe karşı ilk tepkisini verir. Isı açığa çıkarır. Enerji türünde bir dönüşüm yapmadan bu ısıyı bir akışkan ile taşıyarak doğrudan kullanabiliriz. Güneş enerjili sistemlerin hepsi basitçe ışıınımı ısıya dönüştürür ve ısıyı kullanılacağı yere taşır. Buradan yola çıkarak güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinin binalardaki ısıl gereksinimler için desteklenmesi gereken ilk sistem alternatifi olduğunu söyleyebiliriz.

Bu tez çalışmasının konusu da benzer sebeplerle oluşturulmuştur. Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinden beklenenler aşağıdaki gibi sıralanacak olursa;

- Çevreci olması
- Yeterli konforu sunması
- Pratik olması
- Yüksek verime sahip olması
- Toplam maliyetinin diğer alternatiflere kıyasla avantajlar sunması

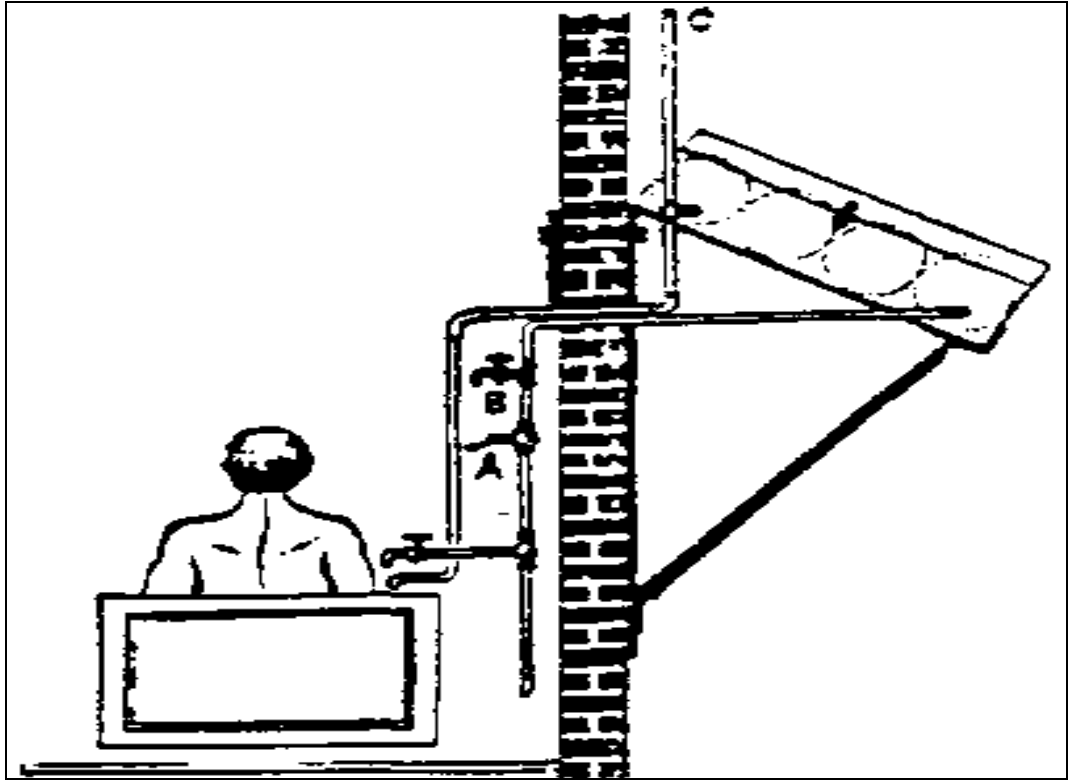
Bu durumda güneş enerjili bir sistemin iyileştirilmesi için zaten zararlı emisyon sorunu olmayan sistemin daha çevreci malzemelerle inşası, farklı işletmelerde hızlı sistem yanıtları üretecek duyarlılıkta çalışması, hiçbir fonksiyonu için kullanıcıya iş bırakmayarak pratik olması, ilave enerji tüketimini aza indirip bileşenlerinin daha verimli çalışması ve son olarak da bunların maliyeti yükseltmeyecek yöntemlerle gerçekleştirilmesi beklenebilir. Bu çalışmada da bu

sayılanlardan verimlilik, konfor ve pratiklik maddelerini iyileştirecek bir otomasyon yöntemi geliştirilmiştir.

Geliştirilen sistemde kullanılan otomasyon anlayışının en basit donanımlarla bile uygulanabilmesi istenmiştir. Bunun için dilsel kural tabanına dayalı bulanık mantık anlayışı kullanılmıştır. Sistemde kullanılan tüm bileşenler tek tek ele alınarak belirlenen otomasyon anlayışı içinde en iyi şekilde kullanılmaya çalışılmıştır. Çalışma kapsamında bulanık mantık uygulamaları, güneş enerjili sistemlere uygulanabilirliği, güneş enerjili sistemlerin sunabilecekleri, mevcut sistem kayıplarının azaltılması temel çalışma başlıklarıdır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Güneş ışınımına maruz kalan madde doğrudan ısınır. Bu nedenle güneş enerjisi ısıtma amaçlı çok geniş bir tarih diliminde kullanılmıştır. Ancak bilinen ilk ticari sıcak su hazırlama sistemi 1891 yılında satışa sunulan Clarence Kemp'e ait "Climax" adlı sistemdir. Sistemin fiyatı 25 \$ olarak belirlenmiştir. Her yıl kömür harcamalarından 9 \$ tasarruf sağlayabileceği duyurularak pazarlanmıştır (Butti and Perlin, 1980).



Şekil 2.1 İlk ticari sıcak su hazırlama sistem (Butti and Perlin, 1980).

Bu sistem basit bir toplayıcı depodan ibarettir (Şekil 2.1). Soğuk su hattından bir bağlantı deponun alt noktasına yapılmıştır. Isınan su ise deponun üst tarafından ayrı bir sıcak su hattı olarak kullanım mahaline verilmiştir. Çatıya veya binanın dışına yerleştirilerek güneşi gören depo, güneş olduğu sürece sürekli sıcak su sağlayabilmiştir. Depo ve toplayıcının ayrıldığı ilk sistem ise 1920'li yıllarda William Bailey tarafından geliştirilmiştir. William Bailey sistemin patentini alarak California'da satışa sunmuştur. Bu yeni sistemde ilk kez toplayıcı altta bulunurken ısınan suyun doğal olarak yükselip saklanması için üzerine bir

depo yerleştirilmiştir. Sistemin adı “Day and Night” olarak duyurulmuştur. Sonraki yıllarda bölgeye ucuz doğal gaz sağlanması ile satışları azalan William Bailey patentini Florida’lı bir şirkete satmıştır. Artık Florida’da da bu sistemler yaygın şekilde satılmaya başlamıştır. Termosifon sistemler donmalara karşı koyamadığı için Birleşik Devletlerin en çok güneşlenme oranına sahip bu iki bölgesi dışında satılamamıştır.

Daha sonraki dönemlerde her ne kadar savaşlar ve ekonomik krizler bu sistemlerin yaygınlaşmasına olumsuz etki ettiyse de zaman içinde giderek iyileştirilen bu sistemler sundukları avantajlar sayesinde başka ülkelerde de benimsenmeye başlanmıştır. Amerika Birleşik Devletlerini ilk takip eden ülke İsrail olmuştur. 1950 li yıllarda İsrail’de baş gösteren yakıt sıkıntısı nedeniyle hükümet akşam 10 ve sabah 6 saatleri arasında sıcak su üretimini yasaklamıştır. Durumun daha kötüye gitmesi üzerine bir mühendis olan Levi Yissar bir güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemi hazırlamıştır. Bu sistem bir prototip oluşturmuştur. Daha sonra 1953 yılında bu sistemi geliştirerek İsrail’in ilk ticari güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemi üreticisi(Ner Yah Company) oldu. 1970’lerde yaşanan petrol krizinin de etkileriyle 1980 yılında İsrail yeni yapılan tüm evlere güneş enerjisi sistemi kurma zorunluluğu getirmiştir. Bu yasanın da etkisi ile İsrail güneş enerjisi kullanımında dünya lideri olmuştur. Yeni nesil malzemeler ve ısı biliminde ilerlemeler, kontrol teknolojisinin gelişmesi ve temiz enerji kullanımı için sağlanan ayrıcalıklarla birçok ülkede güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri artarak tercih edilmeye başlamıştır (Butti and Perlin, 1980).

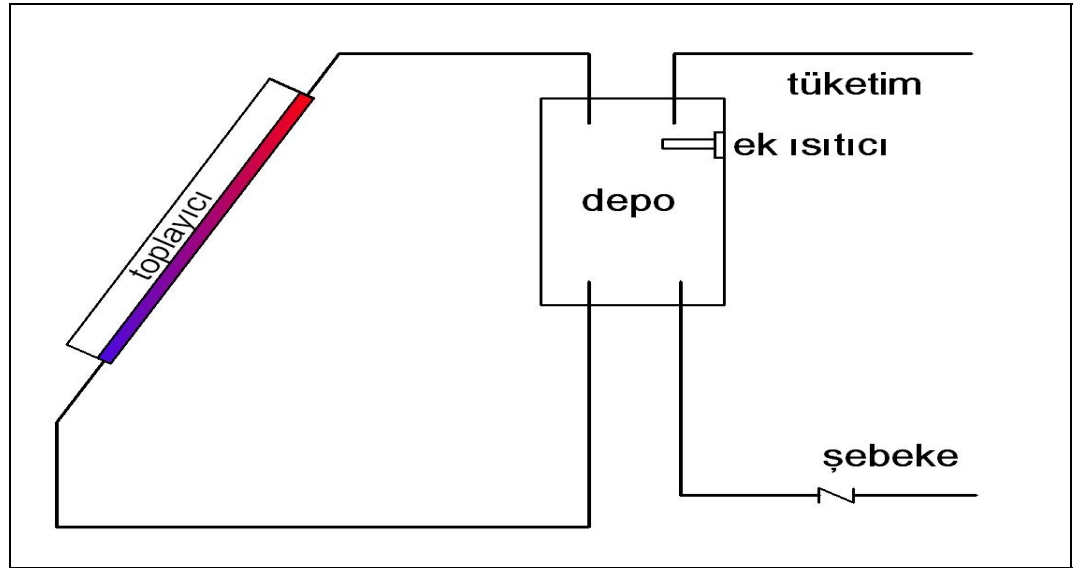
Termosifon sistemlerden sonra sistemlerin çalışma prensibinde devrim sayılacak bir yenilik olmamakla birlikte bugüne kadar sıcak su hazırlama sistemlerinin gelişimi şu temel eklemelerle özetlenebilir;

- Güneşten gelen ısıнын suya aktarılması, güneşe açık depoda su ısıtma,
- Toplayıcı ve deponun ayrılması,
- Cebri dolaşım, kumanda ve depo ihtiyacının ortaya çıkışı,
- Sıcaklık kontrolü fark termostatlarının kullanımı,
- Kapalı ısıtma devresinin kullanımı ve farklı ısı taşıyıcı akışkanların denenmesi,

- Ek ısıtıcıların kullanılması,
- Harici ısı değiştiricilerin kullanılması,
- Kullanım tankları, toplayıcı devre tankları ve ısıtma tanklarının ayırt edilmesi,
- Vakum tüplü toplayıcıların kullanılması,
- PV panellerin pompalamada kullanılması,
- Boşaltma ve donmaya karşı koruma devresinin kullanılması,
- Işınımaya dayalı çalışan sistemler,
- Değişken devirli pompaların kullanılması.

2.1. Doğal Dolaşımlı Sıcak Su Hazırlama Sistemleri

Doğal dolaşımlı sistemlerde güneş ışınımını yutup ısınan toplayıcının ısısını aktardığı su, yoğunluğunun azalması ile tesisatta yükselmeye başlar. Daha yükseğe montajı yapılmış olan depoya ulaşır. Sıcak su bağlantısı deponun üst kısmına yakın bir yerden yapılır. Bu sırada sıcak suyun terk ettiği toplayıcı hacmi, deponun alt kısmından bir boru hattı ile yapılmış bağlantıdan beslenerek daha soğuk olan su dolar. Güneş ışınımı varken sıcaklığın ulaşabileceği son notlaya kadar bu doğal süreç devam eder. Bu şekilde çalışan bir sistemin şeması şekil 2.2’de verilmiştir (Duffie, J. A. and Beckman, W.A., 1991).

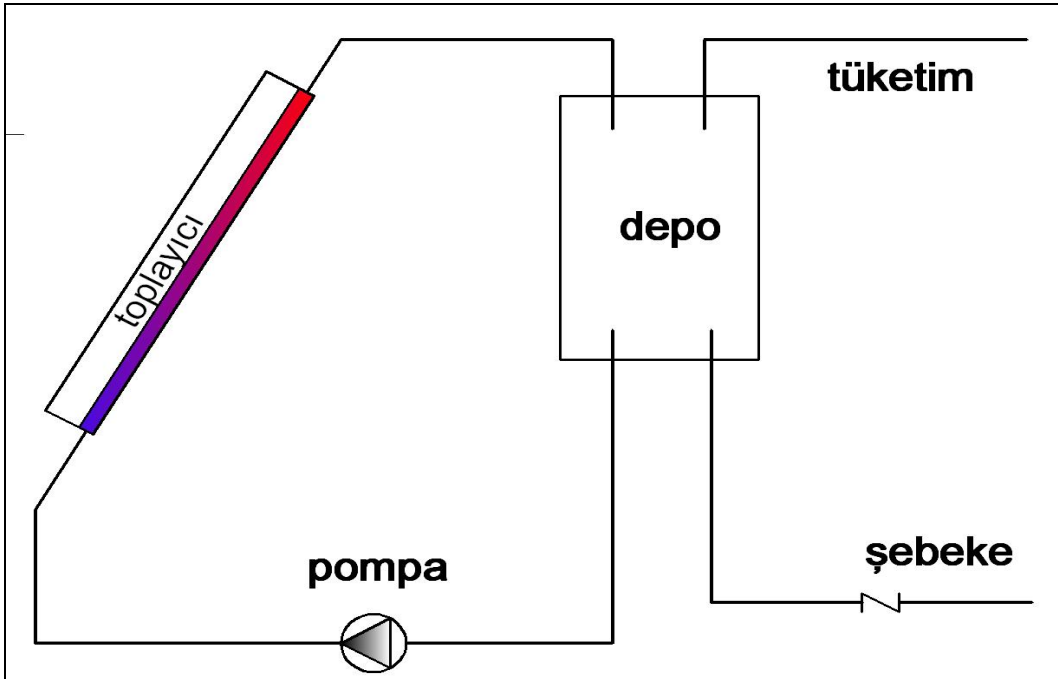


şekil 2.2 Doğal dolaşımlı sıcak su hazırlama sistemi (Duffie, J. A. and Beckman, W.A., 1991)

Bu tür sistemlerin yeterli verimde çalışması için güneşlenme oranı yüksek ve sıcak iklim bölgelerinde daha çok da yaz aylarında çalışmaları gerekir. Soğuk iklimlerde donmaya karşı dayanımları düşük olacaktır.

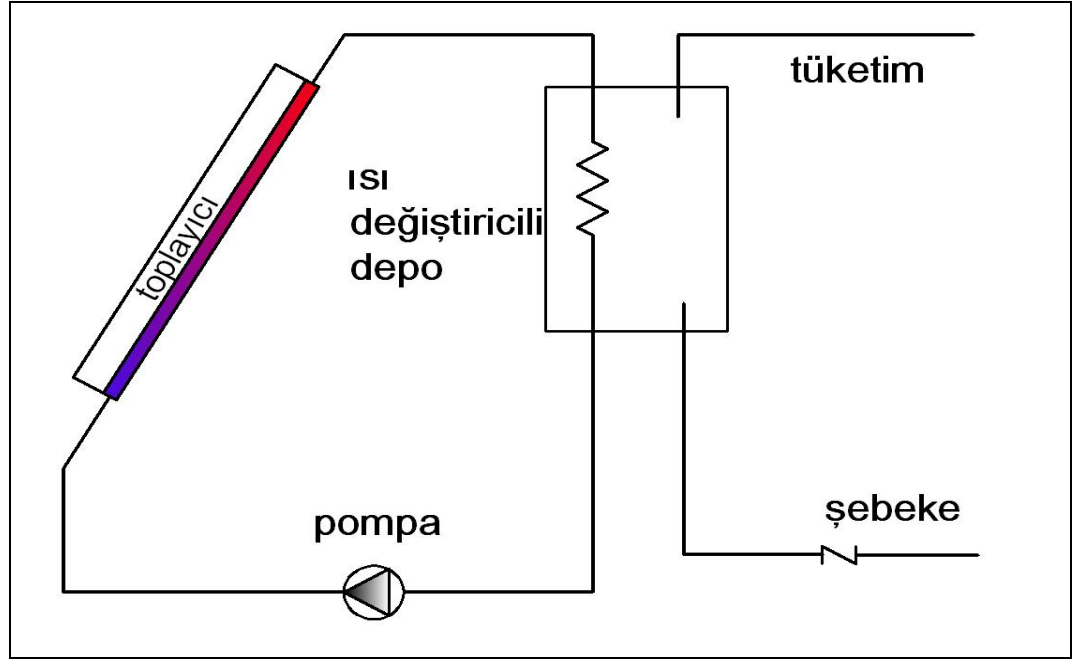
2.2. Cebri Dolaşım Sıcak Su Hazırlama Sistemleri ve Kontrol İhtiyacı

Bu tip sistemlerin en basiti Şekil 2.2’de gösterilen doğal dolaşım sistemin toplayıcı gidiş hattına bir pompa eklenmesinden ibarettir (Şekil 2.3). Bu pompa sayesinde büyük sıcaklık farkına gerek olmadan yeterli debide su toplayıcı içersinden dolaştırılmaktadır. Daha düşük ısıtım düzeyinde daha iyi sonuçlar alınacaktır. Ancak bu pompa da doğal dolaşım sistemlerde görülen donma ve korozyon sorunlarını engellemeyecektir (Kreider, 1989).



Şekil 2.3 Cebri dolaşım sıcak su hazırlama sistemi (Kreider at al, 1989).

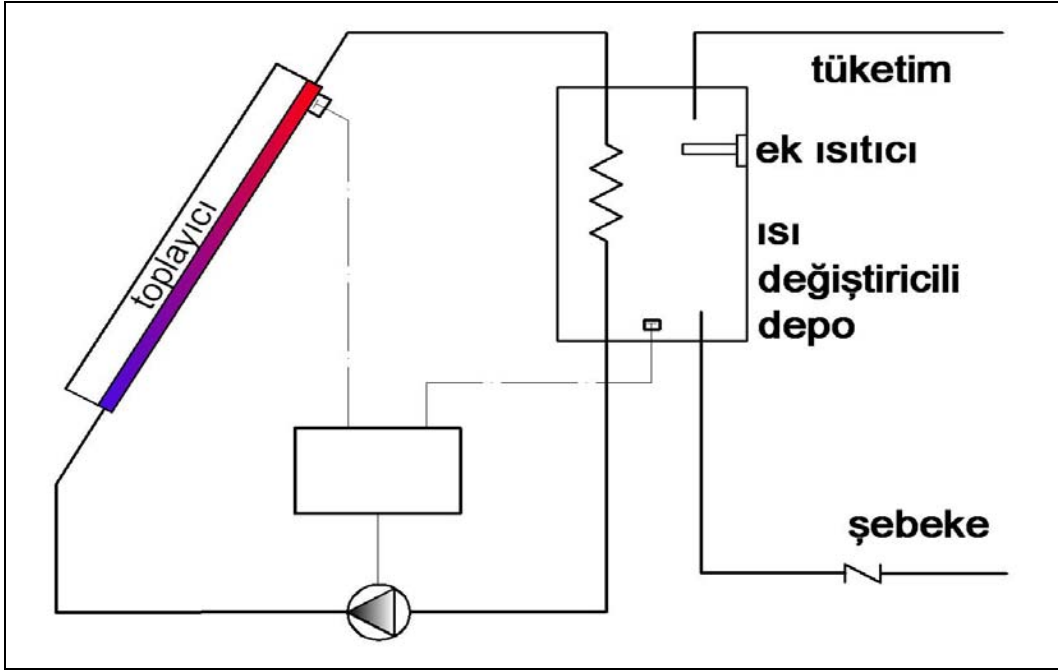
Bugün en yaygın kullanıma sahip ev tipi sıcak su hazırlayıcıları kapalı toplayıcı devresine sahip pompalı sistemlerdir. Genellikle dâhili bir ısı değiştiricisi bulunduran depolarla (boyler) kullanılır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Kapalı çevrimli sıcak su hazırlama sistem (Tiwari, 2004).

Bu sistemin açık devreli cebri dolaşimli sistemin avantajlarına sahip olmakla birlikte kapalı devreye sahip olduğu için korozyon ve donma sorunlarına karşı da dirençlidir. Isıtma devresinde uygun akışkan kullanılarak daha iyi ısı transferi değerleri ve daha düşük donma sıcaklığı elde edilir. Ayrıca ısıtma devresi kapalı olduğu için sistem zamanla kireç tutup duyarsızlaşmamaktadır.

Pompa sistem artık aktif bir sistemdir. Bu nedenle kontrol gereksinimi vardır. Sistemdeki pompa sadece yeterli sıcaklık farkını yaratabilecek düzeyde güneş ışınlamı varsa çalışmalıdır. Ayrıca sistemin sahip olduğu depo sahip olabileceği en yüksek sıcaklık değerine ulaştıysa herhangi ışınlamı değerinde de artık durmalıdır. Bu soruları cevaplamanın en kolay yolu bir fark termostatu kullanmaktır. Fark termostatu iki sıcak noktasının ayarlanan düzeydeki tek yönlü farkına bakarak kontağını kapatır. Kontakla bağlanan pompa böylece çalışır. Sistemde bu noktalar toplayıcı çıkışı ve deponun alt noktası olarak seçilir genellikle. Bu da sistemin olası en sıcak ve soğuk noktaları anlamına gelmektedir. Ayrıca belli sıcaklığın üstünde kontağını açarak pompayı devreden çıkarmalıdır (Şekil 2.5). (Tiwari, 2004)

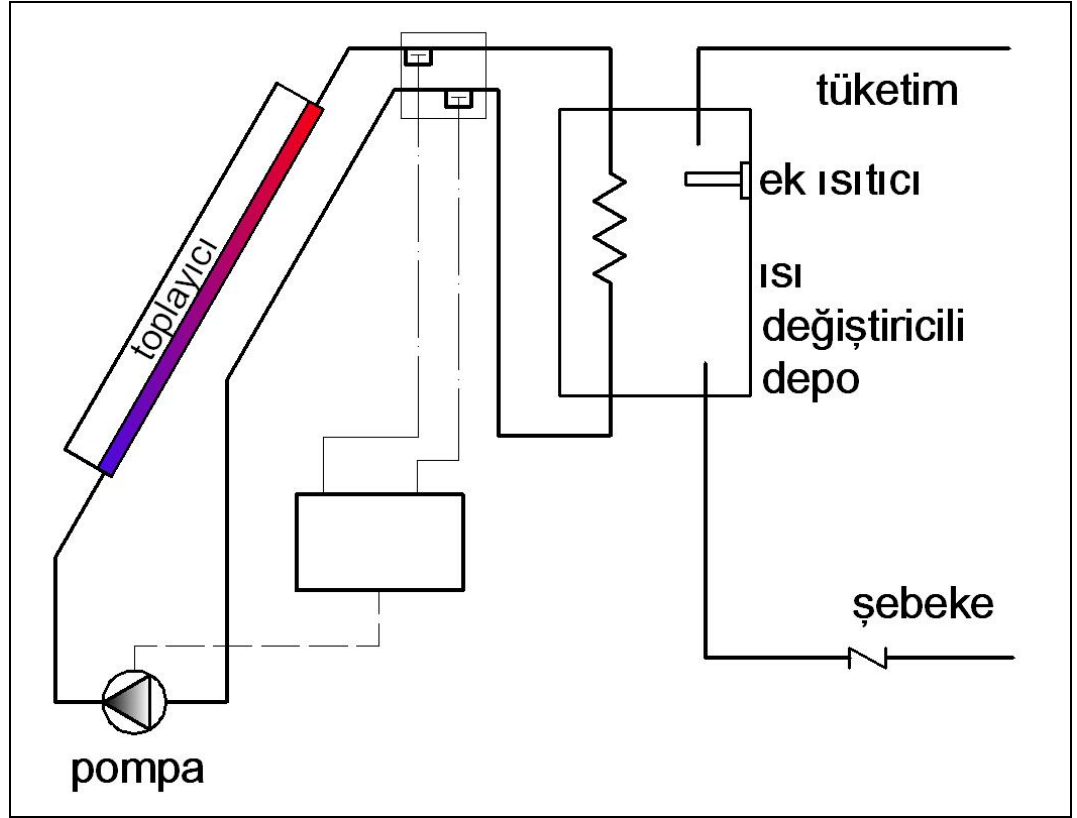


Şekil 2.5 Basit kontrollü kapalı çevrimli sıcak su hazırlama sistemi (Eicker, 2003).

2.3. Değişken Devirli Pompalar İçin Alternatif Sistemler

Bir dolaşım pompası her ne kadar sistemdeki toplayıcı büyüklüğüne, depoya ve iklim parametrelerine göre seçilse de gün içindeki veya mevsimsel değişimdeki güneş ışınlamına göre pompanın sağladığı debi, sistemin o anki durumunda eksik veya fazla olacaktır. Bunun için de pompa değişen sıklıklarda dur kalk yapacaktır. Ancak bunun yerine değişken devirli bir pompa sistemi kurulursa debi ihtiyaca göre sabitlenebilir. Pompa gereksiz durup kalkmaz. Pompa için harcanacak ilave enerjiden de bir miktar tasarruf edilmiş olur.

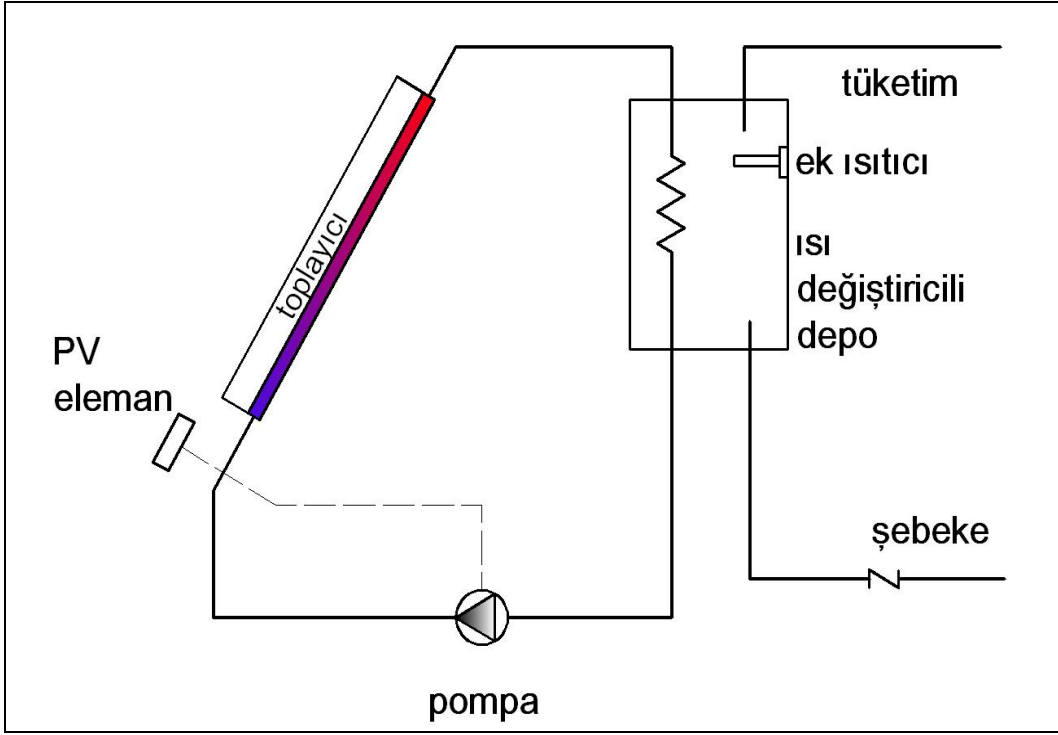
Bugün bu işlemi gerçekleştirebilen sistemler genellikle yine sıcaklık farkına (toplayıcı giriş, çıkış sıcaklıkları farkı) bağlı olarak oransal devir ayarı yapan basit düzeneklerdir. Böyle bir sistemin örneği Şekil 2.6'de verilmiştir. Gidiş ve dönüş hattının benzer noktalarından alınan iki sıcaklık örneği arasındaki büyük fark yüksek debi(yüksek devir), düşük fark ise düşük debi (düşük devir) kullanımı anlamına gelecektir.



Şekil 2.6 Toplayıcı devresinde oransal devir ayarı yapan kontrol sistemi.

Değişken devirli pompa kullanımının avantajlarından faydalanmak için kullanılan bir başka yöntem de doğru akımlı(DC) pompaları PV paneller ile çalıştırmaktır (Şekil 2.7). PV paneller güneş ışınlamından ısıtım şiddetine göre değişen güçte doğru akım üretirler. Uygun bir doğru akım pompası PV panele bağlanırsa panelin değişen ışınlamda ürettiği değişken güç doğrultusunda pompa devir değiştirecektir. Böylelikle bir kontrol problemine gerek kalmadan pompa devri ısıtım ile ilişkilendirilecektir.

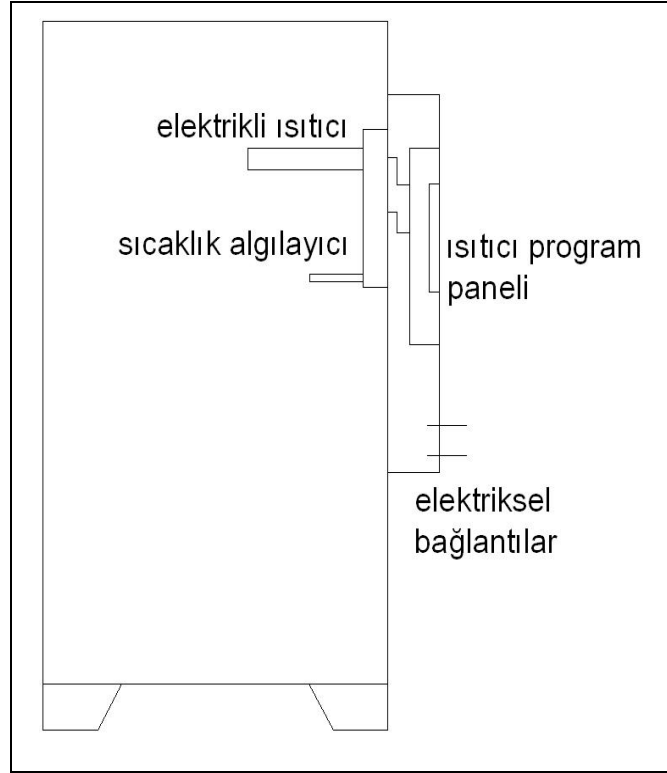
Ayrıca pompanın elektrik ihtiyacını PV panelden karşılaması ile ilave elektrik tüketimine de gerek kalmayacaktır. Üstelik geceleri PV panel akım üretmeyeceği için yine pompa kendiliğinden devre dışı kalmış olacaktır. Buna rağmen doğru akım pompalarının henüz sınırlı boyutlarda üretimi, PV panellerin maliyeti gibi sorunlarla her sistem için kullanılamamaktadırlar.



Şekil 2.7 PV destekli doğru akımlı pompa uygulaması.

Pompa dışında sistemin yetersiz kaldığı durumlar için kullanılan elektrikli ısıtıcı da bir kontrol ihtiyacı doğurmaktadır. Elektrikli ısıtıcılar depoların sıcak su çıkışına yakın monte edilirler. Depodaki sıcak su tabakalaşarak en yüksek sıcaklık değeri deponun üst noktasında yer alacaktır. Eğer bu noktadaki sıcaklık hala yetersizse güneş ışıınımı artık ihtiyacı karşılayamıyor demektir. İşte buradaki sıcaklığı da algılayıp elektrikli ısıtıcıya yol verebilecek bir kontrolcüye ihtiyaç vardır. Pazarda bu amaçla üretilmiş en iyi çözüm paket boylerlerdir (Şekil 2.8).

Bu tip boylerler elektrikli ısıtıcıyı ve böyle bir kontrol termostatını üzerlerinde gömülü halde sunarlar. Sadece montajda elektrikli ısıtıcının çalışma parametreleri belirlenmelidir (Lacroix, 1999).



Şekil 2.8 Paket tip boyler çözümü ve kontrol paneli.

Steutermann (1984), güneş ışıının etkisinde elde edilecek farklı akışkan sıcaklıklarına göre ısı toplayıcıların organizasyonunu değiştirebilen bir kontrol sistemi geliştirmiştir. Sistem en basit şekilde toplayıcı grubunun bir toplayıcısı üzerinden alınan giriş ve çıkış sıcaklıklarına göre çalışmaktadır. Bu değerlerden elde edilen elektriksel veriler bir işlemsel yükselteç grubu ile karşılaştırmaya tabi tutularak toplayıcı grubunun seri ve paralel bağlantılarını belirleyen elektrikli vanaları tetiklemektedir. Böylelikle her durum için ideal olacak toplayıcı bağlantısı çalışma anında kendiliğinden teşkil edilmiş olur.

Altaş (1999), bulanık mantık tabanlı denetim sistemlerinin insan düşünce yapısıyla ilişkilerini incelemiş bu husustaki paralelliği ortaya koymaya çalışmıştır. Böyle bir denetleyici sistemin temel çalışma prensibini ortaya koyup farklı uygulama alanlarına adaptasyonunu anlatmıştır.

Jantzen (1998), bulanık mantık tabanlı denetleme sistemlerinin bir kural tabanına göre tasarlanabileceğini, bu kuralların ise sadece sistemlerin girdi değerleri olan tam sayı kombinasyonları olabileceğini göstermiştir. Olası girdilerin öngörülebildiği sistemlerde sadece bu girdilerin yarattığı alternatif

sistem koşullarının birer kural haline getirilip her kurala bir çıktı belirlenen basit denetleyiciler yapılabileceğine dikkat çekmiştir.

Rubio et al.(1999), bir güneş enerjili enerji santralinde güneş enerjisinin kesintili bir kaynak olmasından kaynaklanan işletme sorunlarını incelemiştir. Bu sorunlara çözüm olarak bulanık mantık temelli bir kontrol modeli geliştirmiştir. Bu model klasik sisteme kıyaslanarak denendiğinde, güneş enerjisinin değişimlerinde bulanık mantık temelli kontrol modelinin daha başarılı olduğunu ortaya koymuştur.

Hitchings et al.(1999), otomotiv uygulamalarında kullanılmak üzere bulanık mantık tabanlı mesafe ve yön kontrol denetçilerini incelemiştir. Dilsel kural tabanına dayalı bulanık mantık yöntemini böyle bir uygulamada değerlendirmiştir. Karmaşık matematiksel bir modele gerek duyulmadan basit bir kural tabanıyla sistemin bulanık mantık modelinin çıkarılabileceğini göstermiştir.

Pedrycz (1996), bulanık mantık modeliyle çalışan sistemlerde kural tabanın oluşturulması için gerekli bilgilerin oluşturulma yöntemini incelemiştir. Sistem değişkenlerinin hangi aralıklarda hangi sonuçlara karşılık geldiğinin ortaya konulması ve buna göre sistemin kalibre edilmesi gerektiğini göstermiştir. Bu kalibrasyon işlemlerinin yapılması, bulanık mantık serilerinin oluşturulması için kullanılabilecek metot üzerinde bir çalışma ortaya koymuştur.

Ciliz (2004), uzman tabanlı kural dizisine bağlı bulanık mantık denetçi yapısını bir elektrik süpürgesine uygulamıştır. 4 duyarga ile sistem ve çevre şartlarını ölçmüş ve bu değerleri bulanıklaştırarak bir kural tabanı yapmıştır. Deney düzeneğinden elde edilen sonuçları ve olasılıkları tutarsızlık analiz yaparak ortaya koymuştur.

Chevrie and Guély (1998), kural tabanına dayalı bulanık mantık yaklaşımının bir PLC üzerinde nasıl uygulanabileceğini gösteren ticari örnekler hazırlamıştır. Bir bulanık kural tabanının ladder gibi PLC programlama metodunda nasıl yer alacağını göstermiştir.

3. BULANIK MANTIK

Lütfi Askerzade'nin (1965) yayınladığı bir makale ile tanınip kabul gören bir mantık yapısıdır. Klasik mantık yaklaşımında bir değer alan tüm kavramların kesinliği olmalıdır. Bulanık mantık ise bunun tersini kullanır. Klasik mantık anlayışında varlıklar bir kümenin ya elemanıdır ya da değildir.

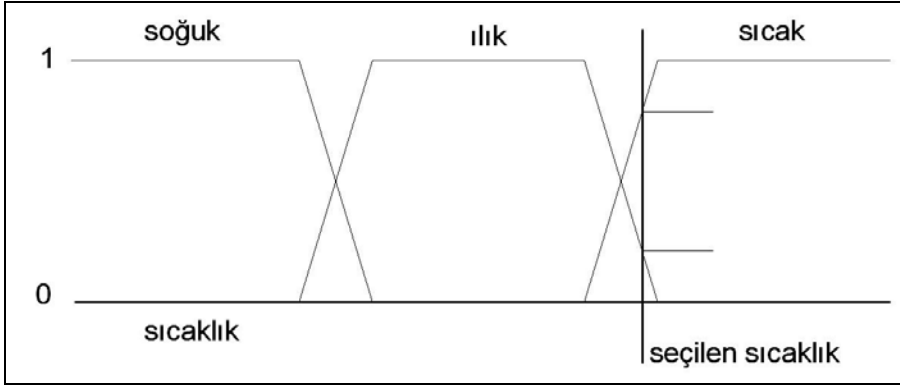
Bunu matematiksel olarak ifade ettiğimizde ise varlık küme elemanı olduğunda üyelik ilişkisi “1”, küme elemanı olmadığına ise “0” değerini alır. Bulanık mantıkta ise böyle bir kesinlik yoktur.

Bir varlık bir derecede bir kümenin üyesi iken başka bir derecede diğer kümenin üyesi olabilir. Bu değişim de bir aralık ile gösterilir. Varlıkların üyelik derecesi, (0,1) aralığında herhangi bir değer olabilir ve üyelik fonksiyonu $M(x)$ ile gösterilir.

Bulanık mantık anlayışının bir kontrol sistemindeki işleyişini incelemek için örneklendirelim. Şekil 3.1 bir ortam sıcaklığı kontrol sisteminin bulanık kümelerini göstermektedir. Burada sayısal kesinliğe sahip bir birim cinsinden sıcaklıklar kullanılmamaktadır. Sistemin davranış değiştireceği sıcaklık düzeylerinden bulanık kümeler yaratılmıştır.

Arzu edilen veya ayarlanacak sıcaklık aralığı ılık ile belirlenmiştir. Bunun altı soğuk üstü ise sıcaktır. Üyelik düzeyinin “1” olduğu ılık aralığı seçilecek aralıkken, ılık ile diğer kümeler arasında geçiş bölgeleri ve diğer iki kümenin üyelik derecesinin “1” olduğu aralıklar istenmeyen bölgelerdir.

Geleneksel sistemler tüm sıcaklık değerlerini belli bir çözünürlükte ve sayısal kesinlik olarak alırlar. Bu da böyle basit bir işlem için bile bir hesaplama yükü getirebilir. Oysa bulanık mantık yaklaşımı tüm aralığı üç sonuca sınırlandırmıştır.



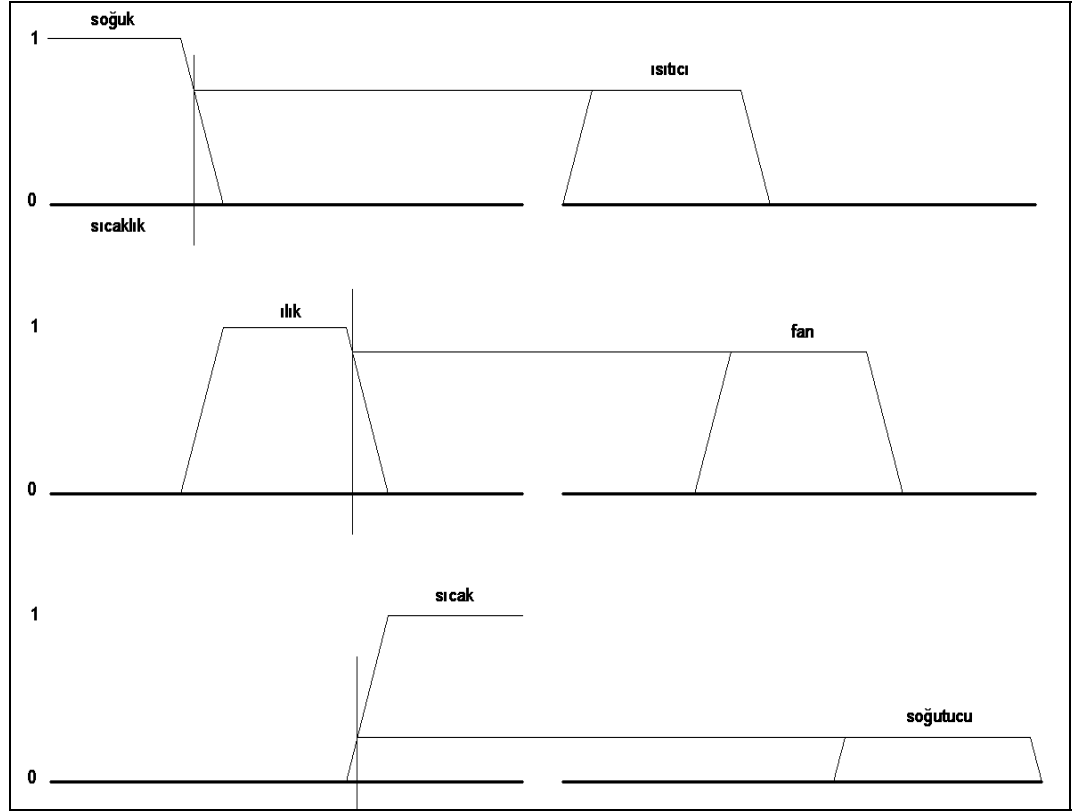
Şekil 3.1 Ortam sıcaklığı kontrol sisteminin bulanık mantık kümeleri.

Üyelik derecesinin (0,1) aralığında olduğu bir sıcaklık seçersek alınan sıcaklık örneğin 0.25 sıcak iken, 0.75 soğuk olabilir. Yani sonuç sıcak ifadesi için daha doğruyken, biraz da ılık için geçerlidir.

Örnekte ele alınan sıcaklık uygulamasının bir termostat için uygulamasını gerçekleştirmek istersek belirlenen bulanık kümelerden bulanık kontrol çıktıları da üretmeliyiz. Böylece sistem bir döngü haline gelmeye başlar. Bu şekilde çalışma “IF....THEN....” koşul cümleleriyle yazılarak açıklanabilir (Şekil 3.2).

IF x is soğuk THEN y is ısıtıcı
 IF x is ılık THEN y is fan
 IF x is sıcak THEN y is soğutucu

Bu koşul cümlelerin tamamına sistemin çalışma kuralları denebilir (Şekil 3.2).

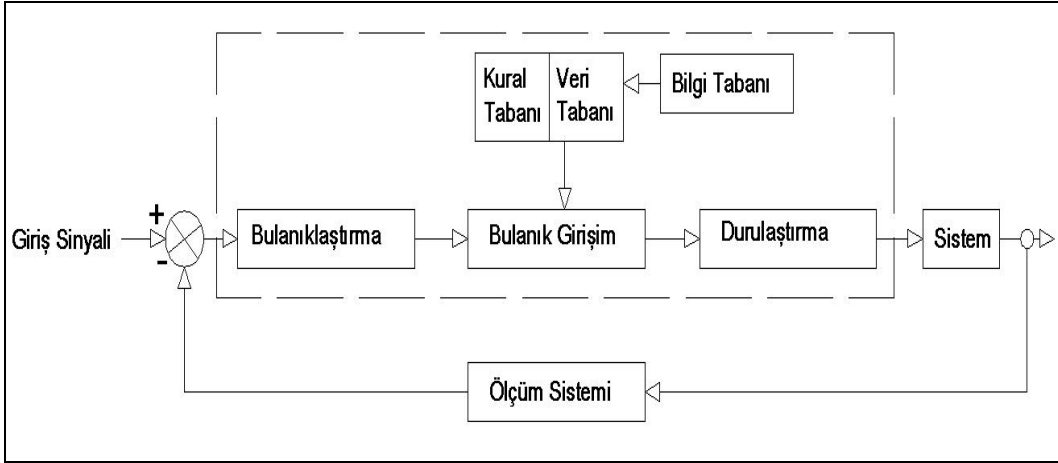


Şekil 3.2 Bulanık mantık kümelerinden sonuç çıkarımı.

Bulanık mantık yapısı ile çalışan sistem her ne kadar kesin değerlerden uzak çalışsa da sistemin etkilendiği doğal çevre ve sistemin fiziksel sonuçları her zaman kesin gerçekliklerdir.

Öyleyse bulanık mantık yaklaşımını kullanmak için önce çevreden alınan değerleri bulanıklaştırmak gerekir.

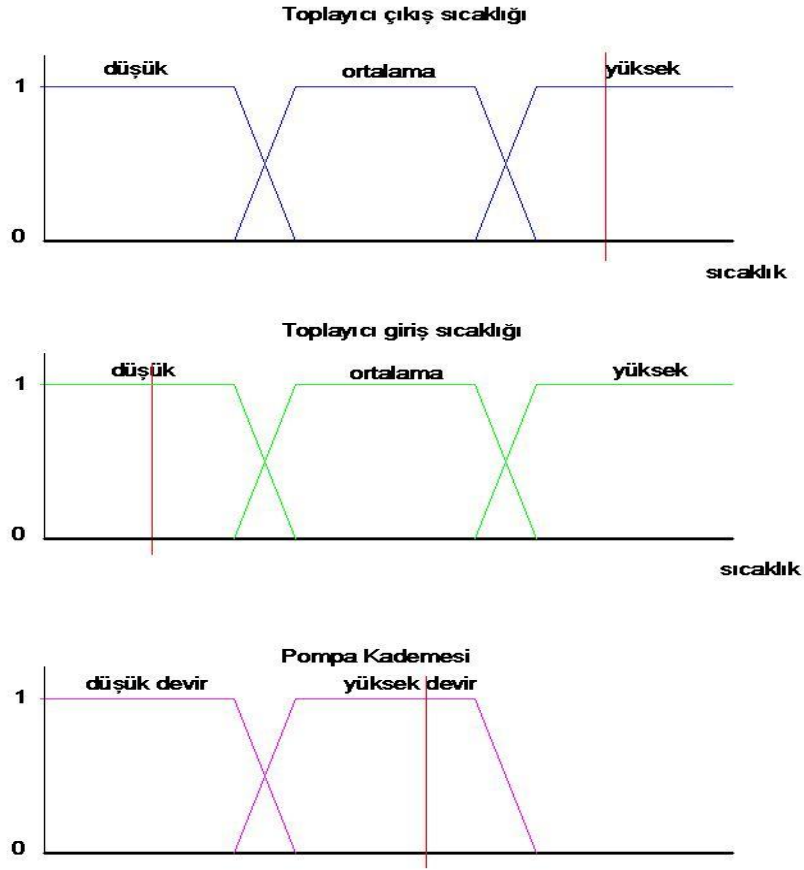
Sistem sonuca ulaştığında ürettiği bulanık sonuçları da kesin değerlerle gerçekliğe aktarmak gerekir. Böylece bulanık mantıkla çalışan bir kontrol döngüsü tamamlanabilir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Kural tabanlı bulanık mantık kontrol döngüsü örneği (Burns, 2001).

Bulanık mantık kontrol anlayışını temel bir örnek üzerinde güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemi için inceleyebiliriz. Şekil 3.4’de bir sıcak su hazırlama sisteminin pompasına çalışma kararı verecek sıcaklık düzeyleri bulanık kümelerle gösterilmiştir. Toplayıcılara giriş sıcaklığını veren algılayıcı değeri ve çıkış sıcaklığını veren algılayıcı değeri için üç adet dilsel ifade ve değer aralığı atanmıştır.

Grafiklerde görülen sıcaklık aralığı içinde algılayıcılardan gelen değerler, kümelerle işleme alınmaktadır. Sayısal değerlerin karşılığı olan ifadeler de kural tabanı için tutulmaktadır. Kural tabanında yeterli sıcaklık farkı olduğunda pompaya yol verilmesi veya sıcaklık aralığının düzeyine göre pompa devrinin seçilmesi için karar üretilecektir. Bu amaç için hazırlanan bir kural tabanı Çizelge 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.4 Sıcak su hazırlama sistemi için örnek sonuç çıkarım işlemi

Çizelge 3.1. Sıcak su hazırlama sistemi için kural tabanı örneği

Toplayıcı giriş sıcaklığı	Toplayıcı çıkış sıcaklığı	Pompa konumu
Yüksek sıcaklık	Yüksek sıcaklık	Dur
Yüksek sıcaklık	Ortalama sıcaklık	Düşük devir
Yüksek sıcaklık	Düşük sıcaklık	Yüksek devir
Ortalama sıcaklık	Ortalama sıcaklık	Dur
Ortalama sıcaklık	Düşük sıcaklık	Düşük devir
Düşük sıcaklık	Düşük sıcaklık	Dur

4. TAM OTOMASYONLU BİR SICAK SU HAZIRLAMA SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Mevcut durumda incelenen sıcak su hazırlama sistemlerinin büyük bir kısmında otomasyon anlayışı, güneş ışınımının mevcudiyetinin kaynak ve depolar arasındaki sıcaklık farkından yola çıkılarak bulunmasına ve sonuç olarak pompalara yol verme kararının üretilmesine dayalıdır. Bunun dışındakiler de çoğunlukla ilave bir donanım veya bir koruma sistemine daha kumanda eder. Ancak genel anlamda otomasyon kurgusu sistemin yapabileceklerini olabildiğince kullanıcı müdahalesine gerek kalmadan tüm yönleriyle sunması şeklinde düşünülmelidir.

Bir sıcak su hazırlama sistemi de toplayıcı devresi pompasına yol verme kararını almaktan daha fazlasını sunabilir. Güneş enerjisi ile çalışan ısı sistemlerinde kontrolcü birim, kaynağı, toplayıcıyı etkinliğini ve tüketimi aynı anda takip etmelidir. Üçü arasındaki ilişkinin bir fonksiyonunu yaratarak sistem üzerindeki aktif bileşenleri kontrol etmelidir. Bu sayede pasif bileşenler de olası en iyi şekilde değerlendirildiği gibi istenen tüm sonuçlara ulaşmak için en hızlı yanıtlar üretilcektir. Bu amaçla bir sıcak su hazırlama sisteminde tam otomasyon ifadesini karşılayabilecek tüm kontrol imkânları ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Bunun için öncelikle sistemin her bir bileşeni iyi tanımlanmalıdır. Her bileşenin olası en yüksek verimle sistemin bütününe katkıda bulunabilmesi için yapabilecekleri, kısıtlamaları ve gereksinimleri ortaya konulmalıdır. Daha sonra her bileşenin sunabilecekleri kontrol birimine öğretilmelidir. Kontrol birimi gerektiğinde her amaç için her bileşenin işe yarayıp yaramayacağını düşünmelidir. Seçilmiş her donanım birimiyle ortaya çıkan nihai sistem için bir yönetim modeli ve çalışma programı oluşturulmalıdır.

4.1. Sistem Bileşenlerinin İncelenmesi

En temel güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemi bir toplayıcı, depo ve bunların birbirleriyle, sıcak su tesisatıyla olan bağlantılarını sağlayan borulardan oluşur. Ancak daha büyük ölçekte ve farklı özelliklerde sistemlere bakıldığında

sisteme pompaların, çok çeşitli kontrol vanalarının, ısı değıştiricilerin, otomasyon cihazlarının, algılayıcıların, genleşme ve boşaltma tanklarının, yardımcı ısı elemanlarının da dâhil olduğunu görebiliriz. Bir ısıl sistemin genel yönetim modeline yeni bir sistem üyesinin eklenebilmesi için o sistem üyesinin tesisata bağlanacağı noktayı, bu noktadan diğer donanımlarla etkileşimini, çevreyle etkileşimini ve eğer üye, aktif bir eleman ise kendi içi dinamiklerinin sonuçlarını öngörebilmek zorundayız. Bunu yapabilmek için de her elemanı sistemin tamamı üzerinde ayrı birer problem olarak çözmeliyiz. Yani her yeni üyeden beklentilerimizi ve bunun tesisat üzerindeki sonuçlarını önce o üye için tekil bir model olarak oluşturmalı sonra da tüm modelleri uyum içinde aynı amaçlar doğrultusunda kullanabilecek genel tamamlayıcı bir yönetim modeli altında toplanmalıdır.

Bu durumu somutlaştırmak için her sistem bileşenin pazardaki teknik çeşitliliğine bakmakta fayda vardır. Her parça ihtiyaca göre bir grup içinden seçilip sistem alternatifleri yaratıldığında kurulabilecek olası sistem sayısı sınırsız görünmektedir. Sınırsız olasılıktaki sistemlerden her biri de öncelikle iklim olmak üzere çevre şartları ve kullanıcı taleplerinin farklı şekil ve düzeylerinin yine sınırsız sayıda ortaya koyduğu işletme konumları ile bir araya gelir. Tüm bu planlanmış veya rastlantısal değerler bütününe algılayıp öngörölmüş model ile yönetebilecek kontrolcü de ancak sistem için doğru bir otomasyon sağlayabilir.

4.1.1. Otomasyon üniteleri

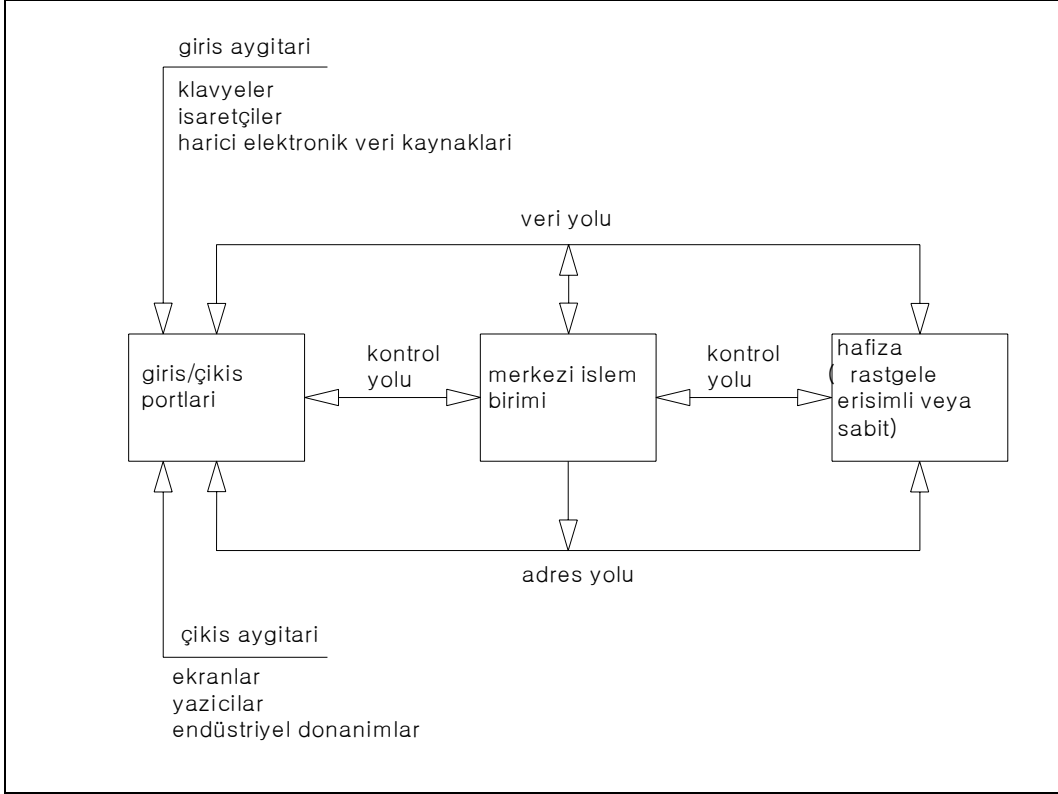
Çok bileşenli bir sistemde otomasyondan bahsedebilmek için sistemin tüm aktif bileşenlerinin kontrol edilebilir olması gerekir. Tam otomasyon kavramını gerçeklemek içinse her biri ortak bir dil ile kontrol edilebilir olmalıdır. Tüm ısıl sistemler için genelleme yapmak gerekirse otomasyon uygulamaları geçmişte mekanik süreçlerle yerine getirilmektedir. Ancak mekanik kontrolcülerin kullanım ömürleri, hata payları gibi dezavantajlarının yanında çevre ile etkileşimlerinin sınırlı olması, uzaktan kumanda imkânlarının az olması da tam otomasyon anlayışının bir merkeze toplanması gereğini yerine getirememelerine neden olmaktadır. Oysa günümüzde tüm aktif elemanlar elektrik kontrollüdür. Elektrik,

hem veri aktarımı hem de çalışma enerjisini taşımak için birlikte kullanılabildiği için de zamanla bu konuda vazgeçilmez olmuştur.

İşte tüm bu elektrik temelli elemanları kontrol edebilecek elektriksiz ortama çıkış yapabilen elektronik temelli kontrolcüler ısı sistemlerinin de bir bileşeni haline gelmiştir. Çoğunluğu elektronik temelli kontrolcüler otomasyon ünitelerinin büyük kısmını oluşturur. Ancak kullanım alanına göre farklı alternatifleri bulunabilir. Kişisel bilgisayar tabanlı olanlar, endüstri standardındaki mantık kontrolcüler, her iş için ayrıca programlanabilecek mikroişlemcili sistemler, belli tür işler için önceden programlanmış mikrodenetleyicili sistemler en yaygın örnekleridir. Tasarlanacak bir sıcak su hazırlama sisteminde de sistemin büyüklüğüne, çalışacağı çevreye, işlem yüküne, kontrolcüden beklenen görevlerin türüne göre farklı biri seçilebilir.

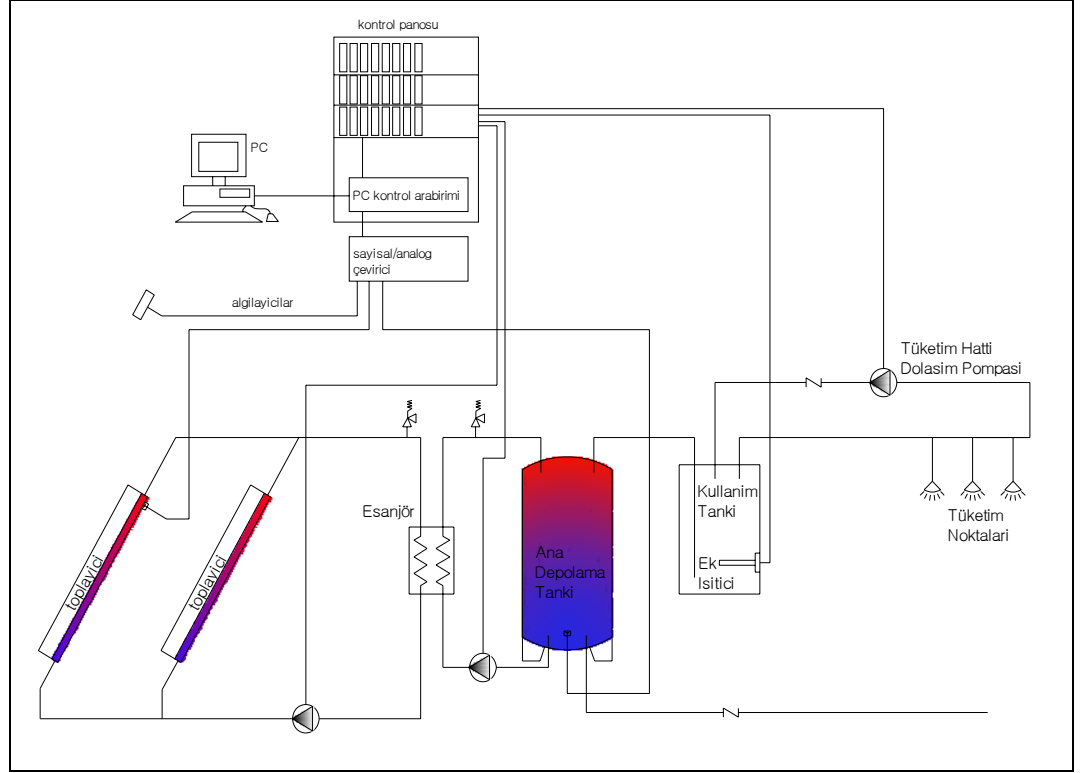
4.1.1.1. Kişisel bilgisayar temelli sistemler

Kişisel bilgisayarlar standart bir işletim sistemi ve birçok girdi-çıkış birimiyle kullanıcıya bir bilgisayarın tüm imkânlarını tek üniteye sunmayı hedefler. Şekil 4.1’de bir bilgisayarın temel kısımları kapalı gösterimle verilmiştir (Astrom and Wittenmark, 1997).



Şekil 4.1 PC mimarisi (Astrom and Wittenmark, 1997).

Standart kişisel bilgisayarlar, genellikle endüstriyel uygulamalarda, sadece bir cihazla tüm sistemin ihtiyaçlarını karşılayabilecek işlem gücüne sahiptirler. Bilgisayar temelli sistemler güneş enerjili ısı sistemleri kontrol etmek için kullanıldığında genellikle ayrıca bir kontrol odasına yerleştirilirler. Bu tip bilgisayarlar tüm girdi ve çıktı birimlerinde kendi standartlarına sahip olduğu için tasarlanan güneş enerjili sistemin bilgisayarla ilişkilendirilebilmesi için bir donanımsal arabirime ihtiyaç duyulur. Böylelikle bilgisayarından çıkan komut gerekirse dijital/analog dönüşümü yapıldıktan sonra bir fiziksel harekete veya etkiye dönüşür. Kişisel bilgisayar kullanılarak hazırlanmış bir güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemi Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



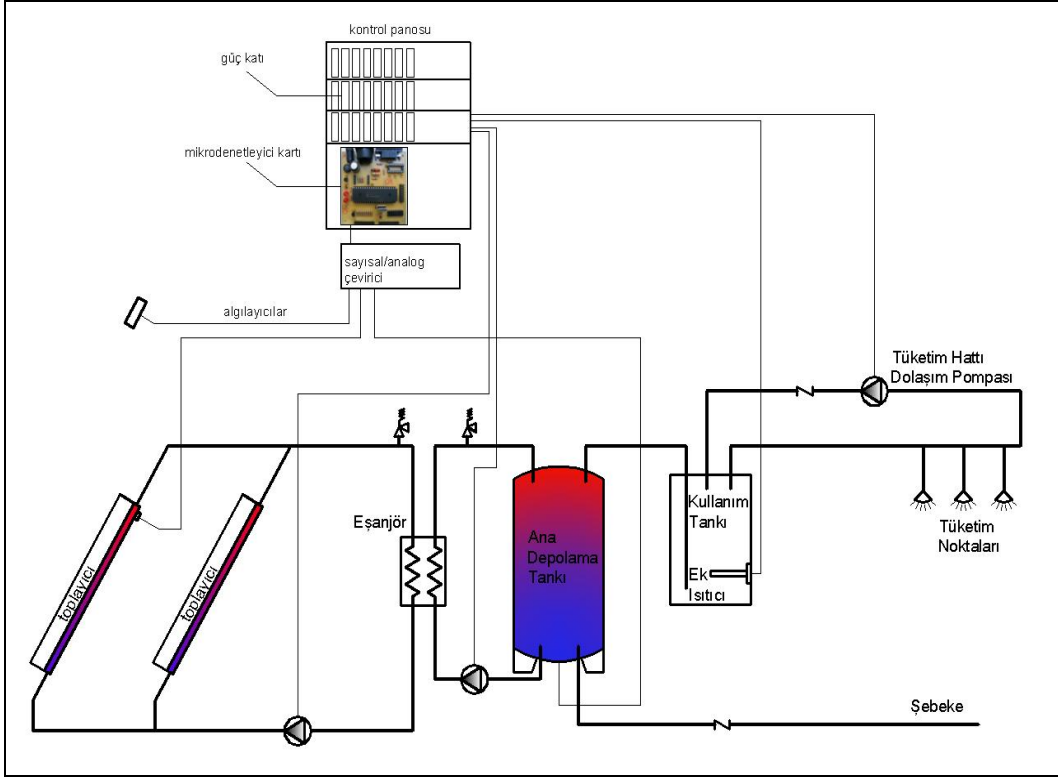
Şekil 4.2 PC kontrollü sıcak su hazırlama sistemi.

Böyle bir sistem ilk yatırım maliyetinin yüksekliği, özel yazılım geliştirme gereksinimi, karmaşık oluşu ve tesisattan uzakta kalması nedeniyle büyük enerji tesisleri dışında pek tercih edilmez. Ancak kişisel bilgisayarın işlem gücü, yazılım alternatiflerinin sınırsızlığı her tür donanıma hükmedebilmesi gibi avantajlara sahiptir.

4.1.1.2. Mikrodenetleyici temelli sistemler

Bir bilgisayarı başka bir sisteme entegre etmek için öncelikle en küçük şartlarda gereken elektronik kart teşkil edilmelidir. Bu kart üzerinde bir merkezi işlemci, program ve çeşitli bilgilerin sürekli saklanacağı sabit bellek (ROM), çalışmada kullanılacak geçici bellek (RAM), zamanlayıcılar ve giriş çıkış portları gibi birimler olmalıdır. Ancak genel amaçla üretilmiş bu birimleri birbirine uygun seçmek, adres yolunu veri, yolunu ve kontrol yolunu oluşturmak sistemi karmaşık hale getirecektir. Oysa belli amaçlar için sık rastlanan ihtiyaçları karşılayacak hafıza birimleri giriş çıkış portlarını içeren tek kılıflı bir yapı son derece etkin ve kolay uygulanabilir bir elektronik kartın ortaya çıkmasını sağlayacaktır.

Güneş enerjili bir sıcak su hazırlama sistemi için böyle bir kartın kullanılması da açık şekilde kişisel bilgisayar temelli sistemden daha kolay hale gelmiş olacaktır. Şekil 4.2’de verilen sistemde kontrolcü mikrodenetleyici ile değiştirilirse yeni sistem daha az yere ihtiyaç duyan ve çok daha basit bir şekle gelmiş olacaktır (Şekil 4.3).



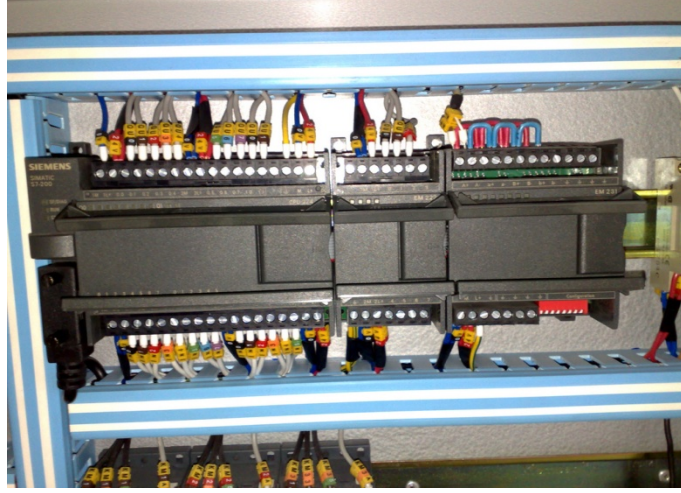
Şekil 4.3 Mikro denetleyici kontrollü sıcak su hazırlama sistemi.

4.1.1.3. Endüstriyel otomasyon birimleri

Genellikle üretime dayalı, büyük çaplı endüstri tesisleri beraberinde zorlu çalışma ortamlarını da getirebilir. Üstelik böyle bir ortamda beklentilerin ve kapasitelerin değişmesiyle kullanılan donanımlar ve bunların kontrolcülerinde de ekleme ve çıkarmalara açık olmalıdır. Tüm donanımlar standart bağlantı arayüzlerine sahip olursa bu durum gerçekleşebilir. Buradan yola çıkarak benzer ihtiyaçlara cevap verebilecek endüstriyel otomasyon birimleri geliştirilmiştir. Bunlardan işlemcileri üzerinde bulunduran merkezi birime de genellikle programlanabilir Mantık Denetleyicisi (PLC) adı verilir. Bir PLC sınırlandırılmış ölçülerde bir kılıf içinde işlemci, hafıza birimleri ve giriş/çıkış birimlerini bulundurur. Kullanıcı sistemine uygun bir programı oldukça basitleştirilmiş

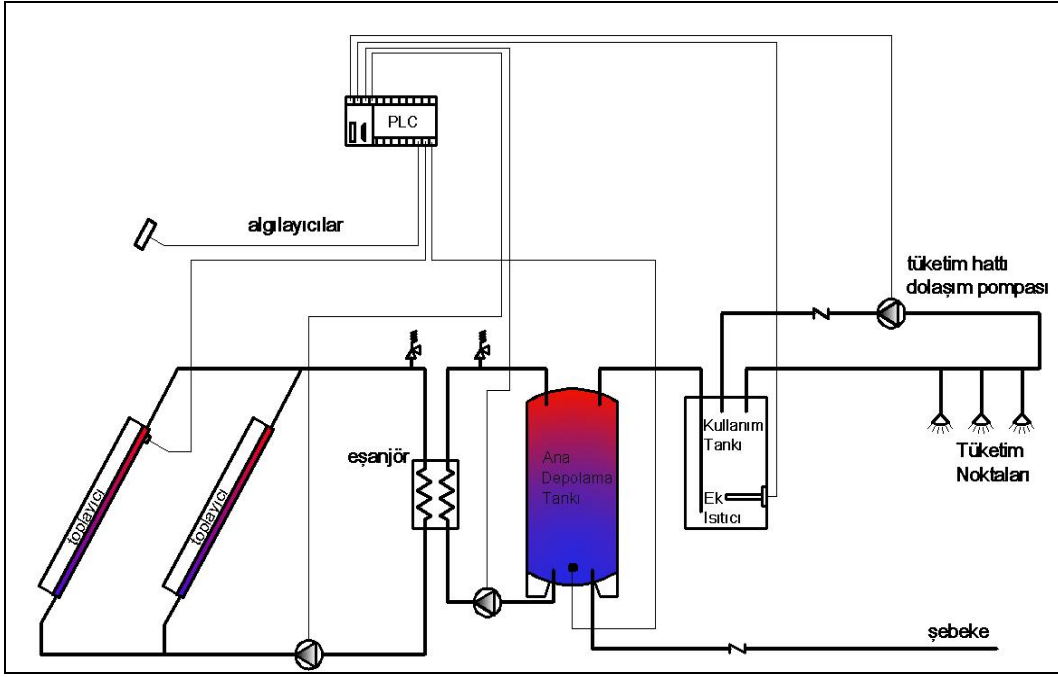
standart bir dil ile yazarak PLC'ye yükler. PLC'ler ilave güç katlarına olabildiğince az ihtiyaç duyarak kontrol ettiği donanıma hükmeder.

PLC'ler kolay genişletilebilir olmaları, standartlaşmış bağlantı özellikleriyle kolay geliştirilebilmeleri, arıza teşhisinin kolaylığı ve yüksek sıcaklık, toz titreşim gibi zorlu ortam şartlarına daha iyi dayanım gösterme özellikleri sayesinde başlangıçta düşünülen daha fazla uygulama alanı bulmuşlardır. Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde otomasyon çalışmaları için bu nedenle bu çalışmada da PLC ile geliştirilen sistemlerden bahsedilecektir. Şekil 4.4'de bir PLC ve modülleri görülmektedir.



Şekil 4.4 PLC ve modüllerin montajı.

Mikrodenetleyici ve PC temelli sistemlerde verilen sistem şeması otomasyon için PLC kullanılarak yinelenip tekrar gösterilmiştir (Şekil 4.5).

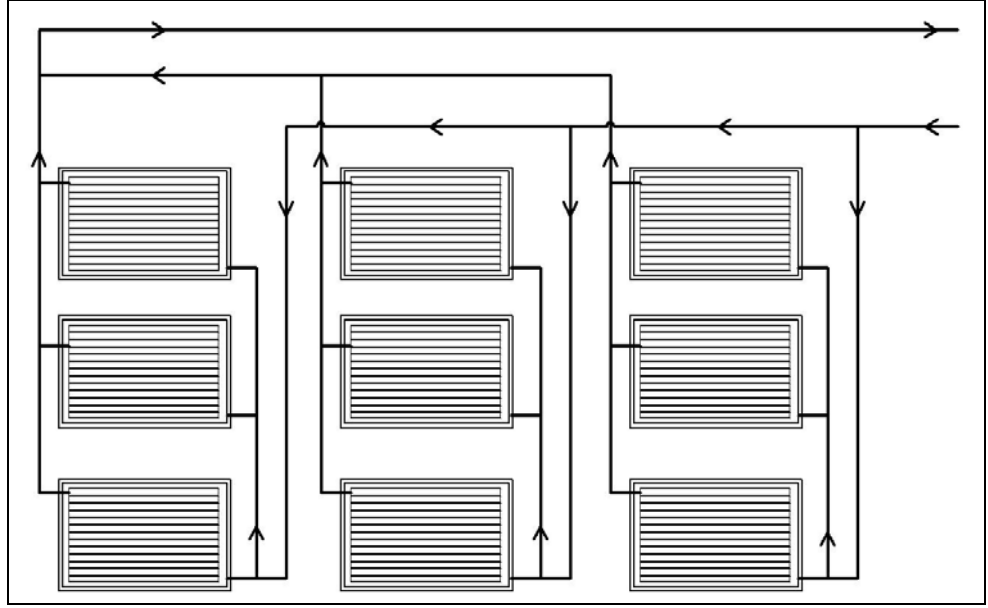


Şekil 4.5 PLC kontrollü sıcak su hazırlama sistemi.

4.1.2. Toplayıcı Devresi

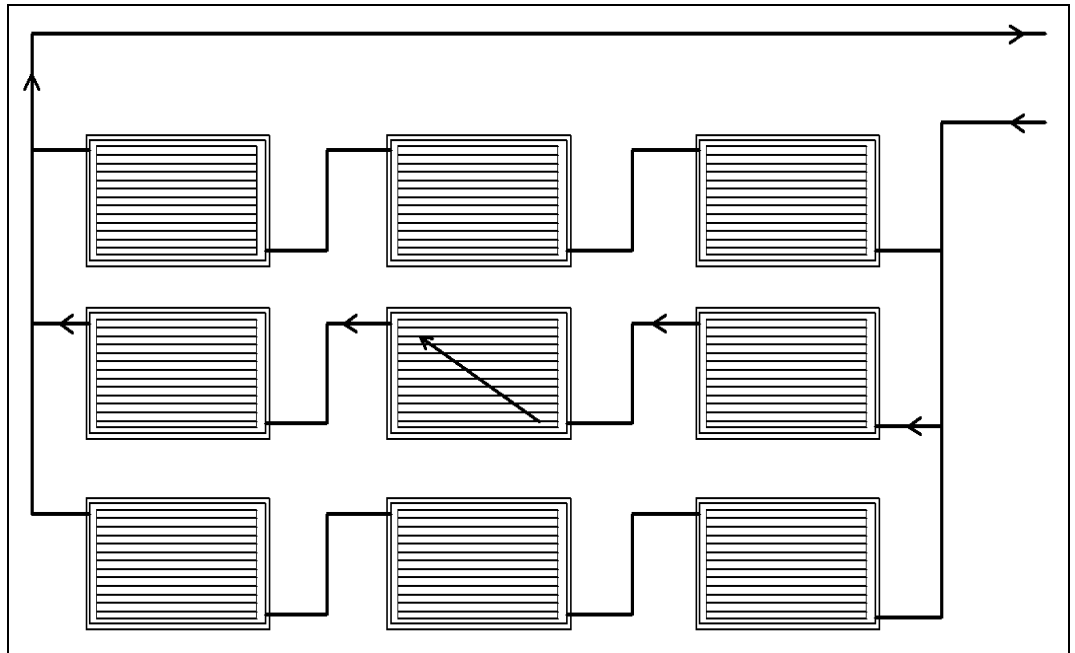
Toplayıcı devresinde sistem verimi açısından incelenecek ilk husus homojen akışın sağlanmasıdır. Belli iklimlerde kullanılabilecek küçük kapasiteli sistemler dışında birden çok toplayıcı kullanılır ve bunlar için seri veya paralel bağlantı tercih edilebilir. Seri bağlantı tercih edildiğinde akışkan tek bir kat üzerinde ilerleyip her toplayıcıyı sırayla geçeceğinden akış her şartta eşittir. Ancak sabit debide sıcaklık sürekli artacağından sorun yaratacak düzeyde aşırı sıcaklık farkları oluşur.

Paralel bağlantı kullanıldığında ise akışkan debisi daha büyük olabilir ve sıcaklık farkları da sınırlanmıştır. Ancak belli bir toplayıcı sayısından sonra her toplayıcıya eşit akış sağlamak güçleşir. Ölü bölgeler toplayıcıların verim kaybına neden olur. Bunu önlemek için de toplayıcı organizasyonunun ve tesisatın akışa eşit direnç göstereceği bir tasarım yapılmalıdır (Tichelmann Prensipleri). Büyük toplayıcı gruplarında kullanılabilecek Tichelmann prensipli bağlantıya örnek Şekil 4.6'da verilmiştir (Peuser at al, 2004)



Şekil 4.6 Tichelmann prensipli büyük toplayıcı grubu bağlantısı (Peuser et al., 2004).

Toplayıcı gruplarında paralel veya seri bağlantının seçilmesi veya eşit dirençli bağlama usullerinin uygulanması dışında bir alternatif daha vardır. O da seri bağlantının homojen akışı ve sıcaklık farkı yaratma avantajı ile paralel bağlantının debi avantajının birleştirildiği seri-paralel bağlantı seçeneğidir. Böylelikle debi ve sıcaklık artışının ortalaması optimum fayda noktasında yakalanmaya çalışılır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Seri ve paralel toplayıcı grubu bağlantısı.

Toplayıcı devresinde sadece pasif bileşenler olan toplayıcıları ve tesisatını düşündüğümüzde yapabileceklerimiz bunlarla sınırlı gibi görünmektedir. Ancak en iyi alternatif gibi görünen seri ve paralel bağlantının birlikte kullanılmasında bile bazı eksiklikler mevcuttur.

Örneğin güneş ışıınının sistem tasarımında ele alınan en yüksek düzeyinde tek bir toplayıcı sırası sistemi verimli çalıştıracak sıcaklık farkını yaratabilir. Bu durumda tüm toplayıcıların paralel düzende kullanılması en yüksek debiyi sağlayarak tüketimi karşılama konusunda daha başarılı olabilir.

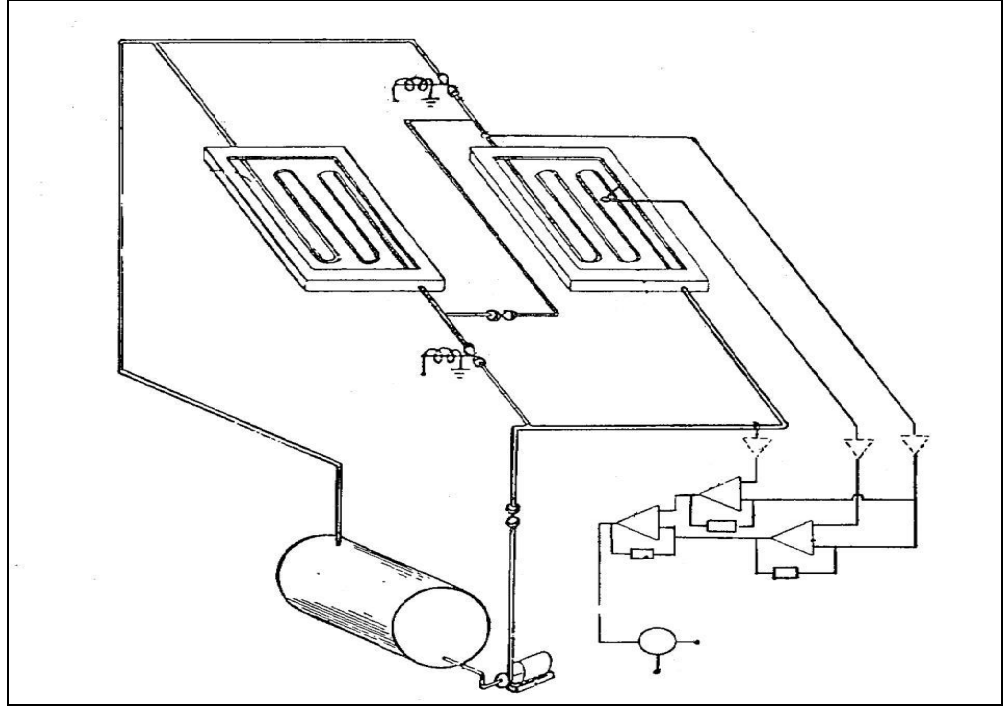
Bu ışıınının sınırlı zamanda elde edileceğini varsayarsak, kısa sürede daha büyük bir ısıyı depolarda gelecek için saklamak mümkün olabilir. Yine aynı sisteme güneş ışıını daha düşük değerlerde ulaşmaya başladığında bu durumda paralel bağlı toplayıcılar yüksek debiye rağmen yeterli sıcaklık farkını yakalayamayacaktır.

Görüldüğü gibi arzu edilen en iyi toplayıcı devresi farklı tesisat bağlantılarını birlikte sunan bir devredir. Toplayıcılar ve borular sabit kalmak kaydıyla, boru ayırıcıları, ayırma vanaları gibi çeşitli elemanlar tesisata eklenerek aynı tesisat üzerinde farklı toplayıcı devrelerine geçiş yapılabilir. Bu da toplam toplayıcı alanını sürekli en yüksek verimde tutmayı sağlayabilir.

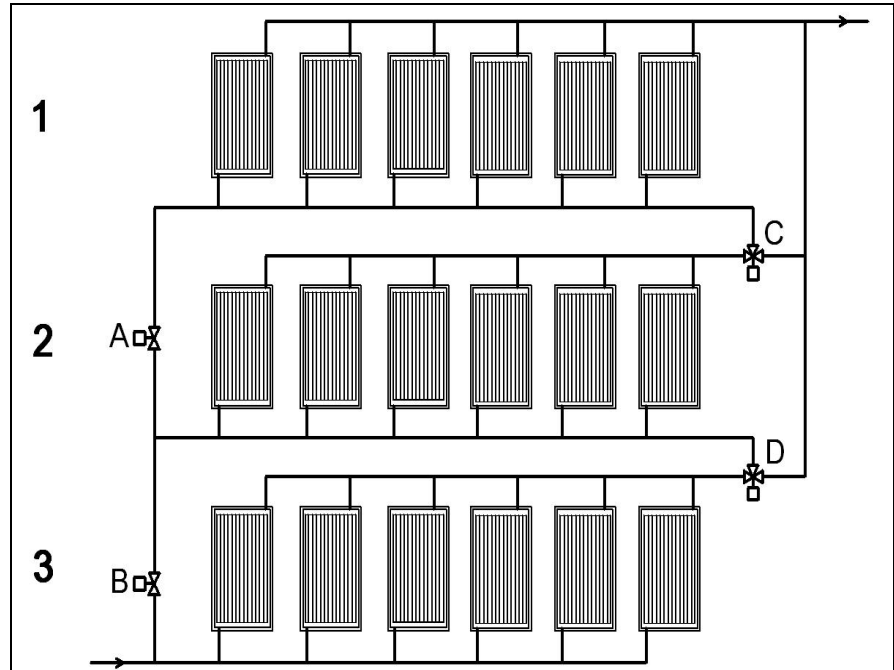
Toplayıcıların basit bir kontrol mantığı ile seri paralel bağlantıda değiştirilmesi Steutermann (1984) tarafından denenmiş ve başarıya ulaşmıştır (Şekil 4.8).

Birçok sistemde olduğu gibi eğer sistem değişkeni sayısı çoksa ve bu değişkenler rastlantısal veya sonuçlarına göre alınacak kararlar sayısal işlem gerektiriyorsa o sistem insan kontrolüne bırakılamaz. İşte güneş ışıını da bu düzeyde hızlı değişir ve rastlantısal değerler alır. Toplayıcı organizasyonunda arzu edilen değişken bağlantı şekli de toplayıcı devresinin çalışma şartlarını bilen ve dış ortam verilerini analiz edebilen bir otomasyon ile mümkündür. Bu durumda da elbette daha önce bahsedilen ayırma elemanları otomasyona uygun elektrikli vanalar olmalıdır. Birçok şekilde yapılabilecek değişken bağlantılı toplayıcı

devresi Şekil 4.9 'da verilmiştir. Devrede 3 grup toplayıcı için 4 adet elektrikli vana kullanılmıştır. Bunların ikisi solenoid, ikisi de 3 yollu motorlu vanalardır.



Şekil 4.8 Toplayıcı devresinin seri-paralel değiştirilmesi (Steutermann,1984).



Şekil 4.9 Değişken bağlantılı toplayıcı devresi.

Sistemin çalışması

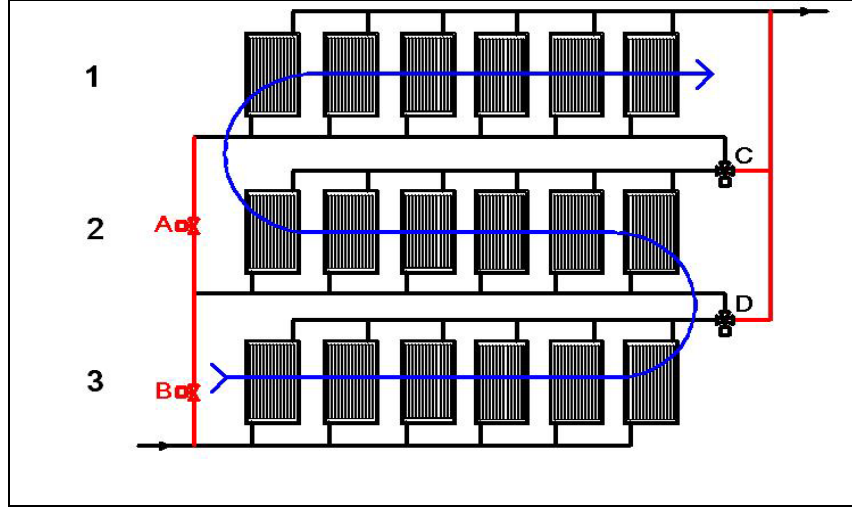
Verilen toplayıcı devresinin tümüyle paralel ve paralel-seri birlikte iki bağlantı alternatifi vardır. Önce paralel bağlantıdan başlayıp inceleyerek çalışma prensibi kolayca anlaşılabilir. İlk durumda solenoid vanalar açık konumdadır. Yani toplayıcı devresi girişine gelen akışkan bir engelle karşılaşmadan her üç toplayıcı grubuna da eşit şekilde ulaşır.

Toplayıcı gruplarında her toplayıcıdan geçtikten sonra da 2 ve 3. gruplar C ve D vanalarının toplayıcı grupları ve toplayıcı devresi çıkışını bağlayan yollarının açık olması ile toplayıcı devresi çıkışına ulaşır. 1. grup çıkışında ise zaten bir vana bulunmamaktadır. Böylelikle 3 gruba homojen akışı sağlanmaya çalışılmış bir paralel bağlantı söz konusudur.

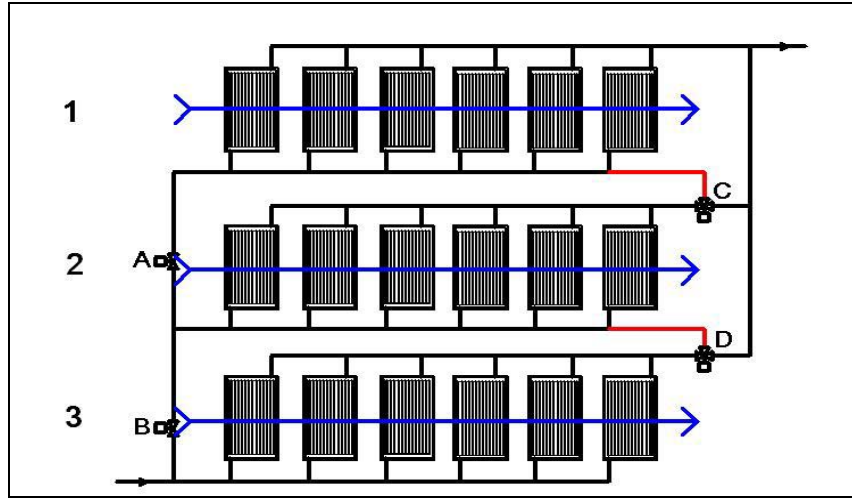
Sistemde şartlar değişip sıcaklık farkı elde etmenin zorlaştığı anda toplayıcı devresindeki vanalar birlikte harekete geçer. A ve B solenoid vanaları kapanır. C ve D 3 yollu vanaları da toplayıcı gruplarını çıkışa değil birbirine bağlayacak şekilde konum değiştirir. Böylelikle en başta toplayıcı devresine gelen akışkan sadece 3 numaralı toplayıcı grubuna ilerleyebilir.

Buradaki paralel bağlı toplayıcılardan geçen akışkan D vanasına ulaşır. D vanası artık 3 numaralı grubu çıkışa değil 2 numaralı gruba bağlamaktadır.

Daha sonra 2 numaralı grup aşılır, C vanası D ile aynı görevi yapar, 1 numaralı gruptan sonra da bir engel olmadığı için doğrudan çıkışa ulaşılır. Böylelikle 1., 2. ve 3. gruplar kendi içinde paralel, aralarında ise seri bağlı olarak çalışmaya başlayarak paralel-seri bağlantıyı oluştururlar. Bu bağlantılar şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de kapalı boru bölümleri kırmızı renk ile işaretlenerek birlikte gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Toplayıcılar 6'lı paralel düzende 3'lü seri gruplandırılmış bağlantı şeması.

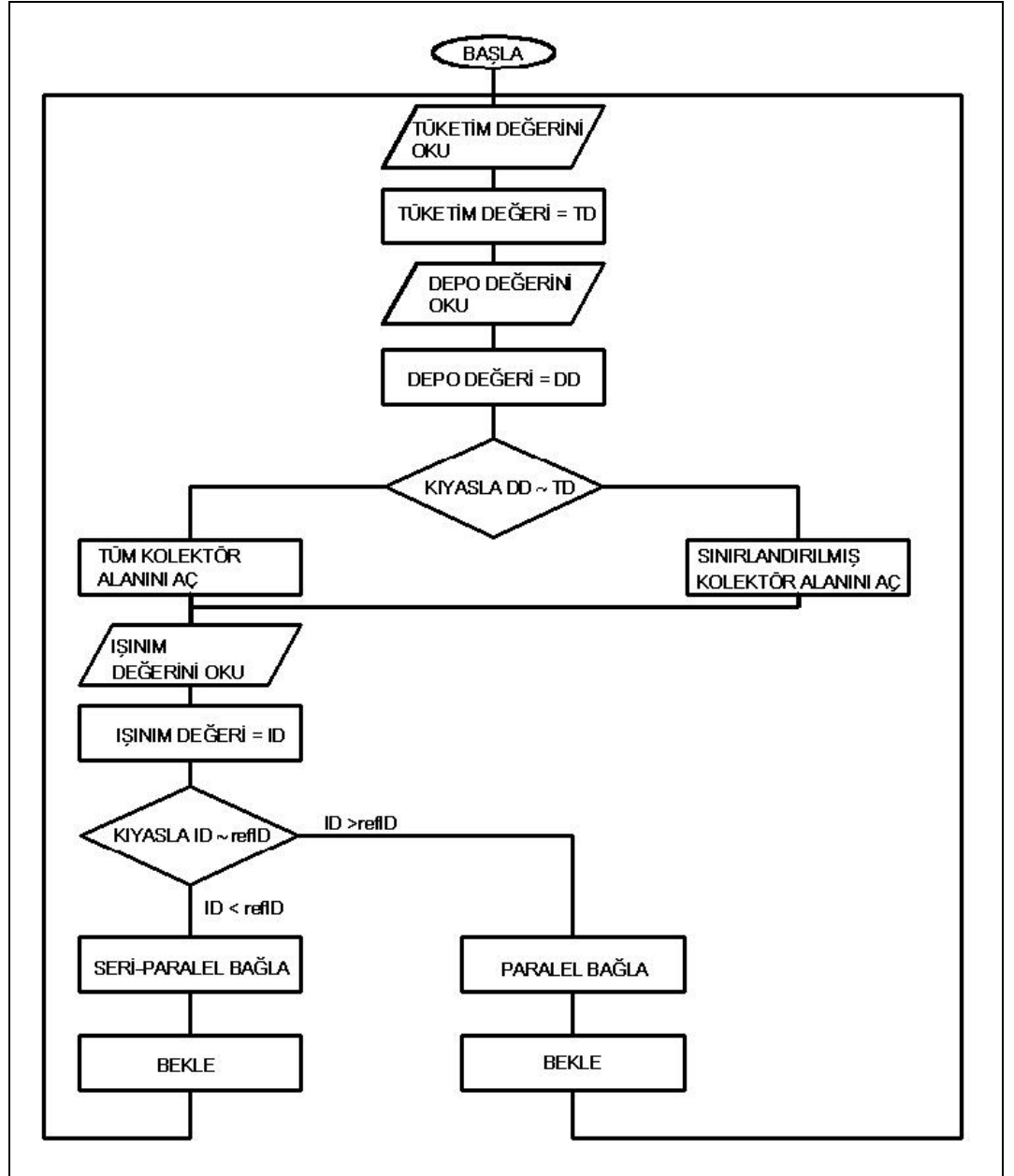


Şekil 4.11 Toplayıcıların tamamı paralel gruplandırılmış bağlantı şeması.

Toplayıcı devresini daha verimli kullanmak için bağlantı türünü belirlemek ve değiştirmek dışında da uygulanabilecek yöntemler vardır. Örneğin bazı sistemlerde sıcak su gereksinimi bazı saatlerde sistem kapasitesinin çok küçük bölümüyle karşılanabilecek düzeye iner. Bu durumda sistemin sahip olduğu tüm toplayıcıları kullanmak gerekmebilir.

Bir çözüm olarak toplayıcı alanı birden çok kısma bölünerek enerji ihtiyacına göre belli sayıda toplayıcı, toplayıcı devresinden yalıtılabilir. Sonuçta düşük düzeyde enerji gereksinimi için düşük debiyi tamamen seri bağlantıda aşırı sıcaklık üretmeye gerek kalmaksızın daha az toplayıcı ile sağlanabilir. Bu durumda homojen debi de daha kolay sağlanacaktır (Şekil 4.12).

ise konum değiştirme için söz konusu olan rneklemeye değerinin doğru seçilmesidir. Gerekinden kısa olması halinde sistem konum değiştirirken kayıplarını çok arttıracak, uzun olması halinde ise değişkenlere gerektiği zamanda cevap veremeyerek beklenen faydayı sağlayamayacaktır.

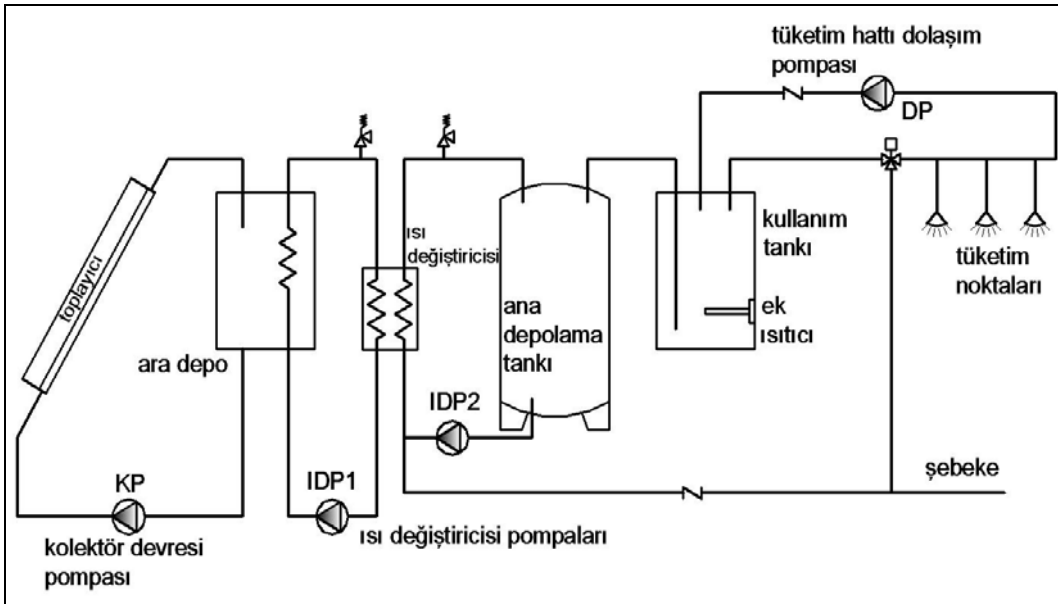


şekil 4.13 Toplayıcı devresi değiştiricisi için örnek algoritma.

4.1.3. Pompalar

Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinden pompalı olanlar tek bir pompa ile çalışabileceği gibi, her bölüm devresi veya yardımcı amaçlar için ayrı

bir pompa da kullanabilir. Bu pompaların ortak yönü ise hepsinin dolaşım pompası olmasıdır. Aynı zamanda bu pompalar güneş enerjisi ile çalışan sistemin dışarıdan enerji girdisi gerektiren yönlerinden biridir. Şekil 2.5’de tek pompalı ve dâhili ısı değiştirici olan bir tanka sahip basit sıcak su hazırlayıcısı verilmiştir. Burada kullanılan tek pompa toplayıcıdaki akışkan sıcaklığının, depodaki sıcaklıktan, önceden ayarlanmış düzeyde büyük olması durumunda çalışmaya başlayarak depodaki suyu ısı değiştirici yardımıyla ısıtmaya çalışmaktadır. Ancak bu sistemde verimlilik açısından bazı sorunlar bulunmaktadır. En önemlisi güneş ışınımının değişkenliği ile yaşanır. Örneğin güneş ışınımının yetersiz olduğu durumlarda toplayıcılar için düşük bir debi ihtiyacı varken aynı anda sistemden büyük miktarda sıcak su talep ediliyorsa, depo içindeki ısı değiştiricinin farklı bir debi gereksinimi olacaktır. Bu durumda da pompa her nasıl seçilmiş veya her nasıl yol verilmiş olursa olsun iki taraftan birinde verimsiz çalışacaktır. Yani her iki ihtiyaca tek pompa aynı anda yanıt veremez. Şekil 4.14’de ise 4 adet pompa kullanılan bir sistem görülmektedir. Burada sıcak su hazırlama sistemi yapılan işlemlere göre kısımlara ayrılarak problem her kısımda o kısmın gereksinimlerine göre daha doğru şekilde çözülmeye çalışılmıştır.



Şekil 4.14 Dört pompalı sıcak su hazırlama sistemi (Kalogirou, 2004).

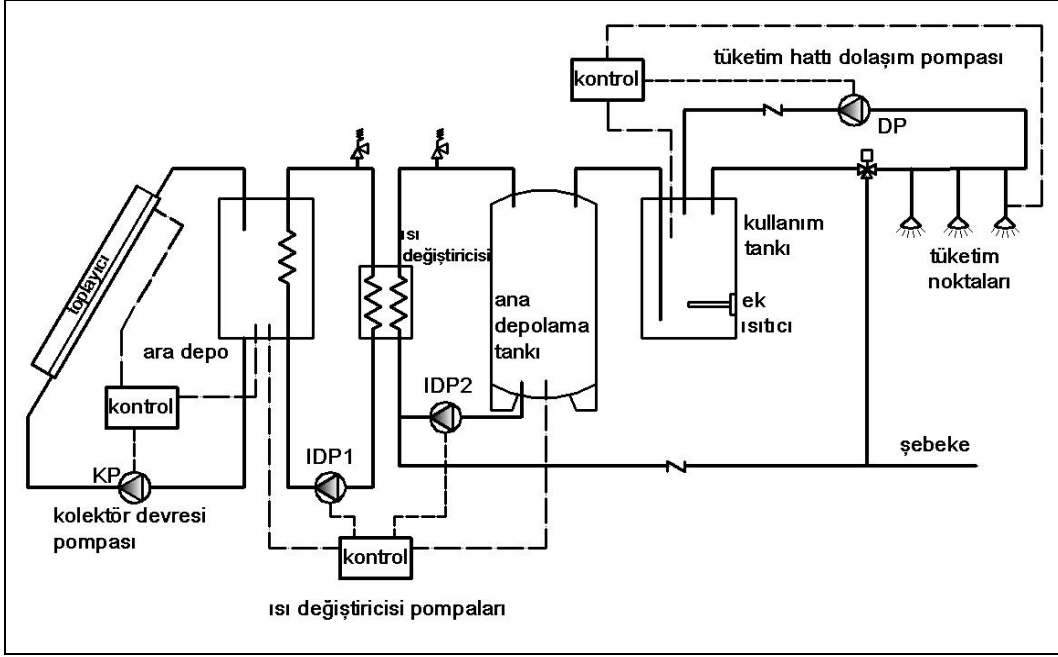
Sistemin çalışması incelenerek her pompanın otomasyon gereksinimi ortaya konulabilir. Burada enerji çevrimi için ilk görev yapan pompa KP pompasıdır. KP pompası ara depo akışkan sıcaklığı ve toplayıcı akışkan sıcaklığı arasındaki fark

ile ısınımın mevcudiyetini görerek çalışmaya başlar. Isınım olduğu sürece ara depodaki akışkan sıcaklığını teknik açıdan uygun en yüksek değerde tutmaya çalışır. Pompa sadece toplayıcı devresinin debi gereksinimi için seçildiği için tek pompalı bir sistemdekinden daha verimli çalışmaktadır.

Isı değiştiricisi pompaları IDP1 ve IDP2 ise ara depoda elde edilen akışkan sıcaklığı ve ana depoda saklanan su sıcaklığı arasındaki farka göre çalışırlar. Ara depodaki akışkan sıcaklığı ana depolama tankındaki su sıcaklığından daha yüksekse ve ana depolama tankının sistem güvenliği açısından izin verdiği en yüksek sıcaklığa ulaşılmadıysa IDP1 ve IDP2 çalışmaya başlar. Isı değiştirici devresinin pompalarının görevi sadece toplayıcı devresinde üretilen ısıyı ısı değiştirici yardımıyla depoya aktarmak olduğu için ısı değiştiricisini en yüksek verimde tutmak için gerekli debiyi sağlayabilecek pompalar seçilmiştir ve bu ihtiyaç doğduğu zaman ancak çalışırlar ve ısı değiştiricisi içinde önceden seçilmiş karşıt akımlar yaratırlar.

Böylelikle bahsedilen bu üç pompa yardımıyla güneş ısınımının gerekli su sıcaklığına dönüştürülmesi için ortaya çıkan tüm problemler ayrı ayrı çözülmüş olur. DP pompası ise üretilen sıcak suyun tüketiminde yardımcı bir amaç üstlenmiştir. Tüketim hattındaki su sıcaklığını kullanım için istenilen ayar noktasıyla karşılaştırarak, soğuma ile ısı kaybı olduğunda çalışmaya başlar. Kullanım tankından gereken sıcak suyu kullanım boru hattındaki ile değiştirerek kullanım hattında hep sıcak su tutulmasını sağlar.

Sistemde pompaların üstlendiği görevler incelendiğinde her bir görevin yerine getirilebilmesi için sistem üzerinden veya çevresinden çeşitli bilgilerin edinilmesine ve buna bağlı olarak çeşitli yol verme komutlarının pompalara uygulanması gerektiği gözlenmektedir. Yani etkin bir otomasyon sistemi kurulmalıdır. Şekil 4.14’de verilen sistemin otomasyon ihtiyacı bilinen sistemlerde genellikle yerel şekilde ve ayırık olarak çözülür (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 Ayrı otomasyonlu sıcak su hazırlama sistemi.

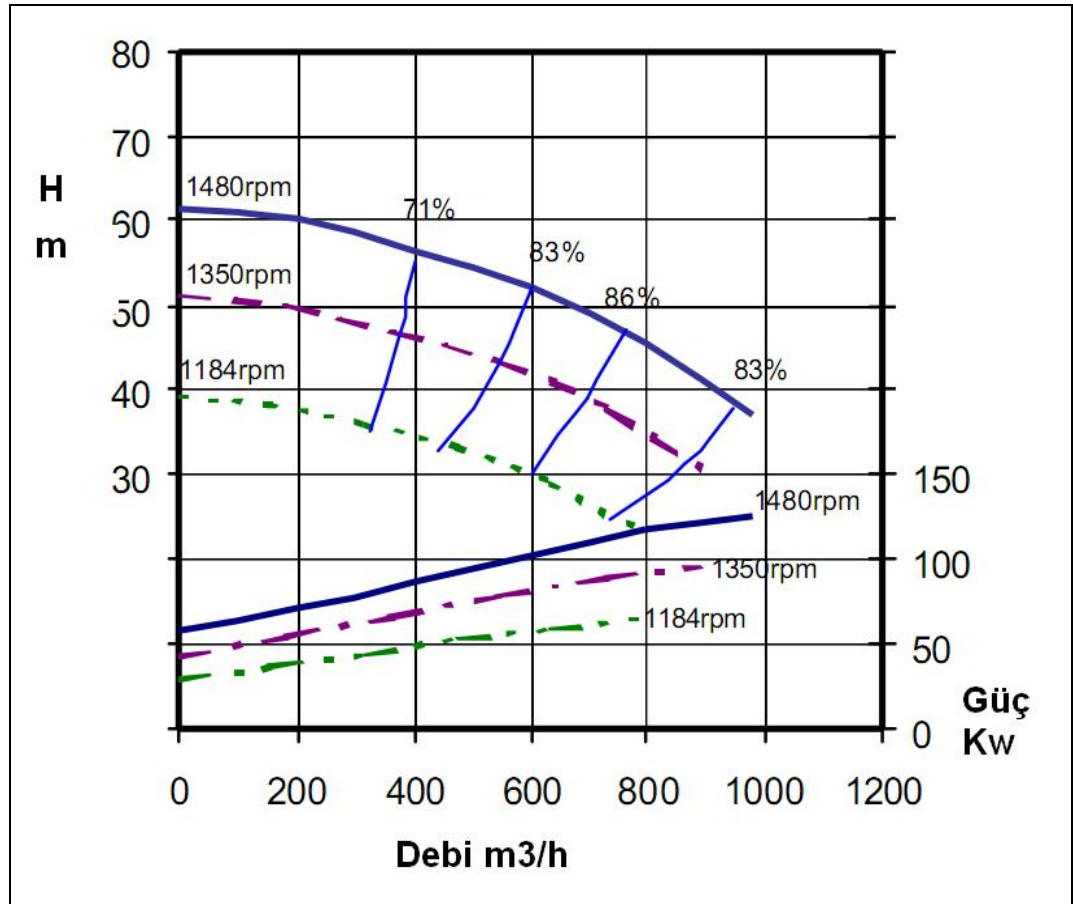
Her ne kadar fark termostatu işlevi gören ayrı kontrol üniteleri ile bilinen her sistemin otomasyon ihtiyacı giderilebiliyorsa da hala sistem üzerinde gözetilmeyen hususlar ve kayıplar vardır. Örneğin mevcut durumda kontrolcüler sıcaklık algılayıcılarına bakarak tüm kararları pompalara aç veya kapa olarak uygulamaktadır. Diğer yandan değişken devirli pompalar güneş enerjili sistemler gibi kesintili kaynağa sahip donanımlarda çok daha az enerjiyle ihtiyaçlara doğru yanıtlar üretebilir. Hangi tesisat bölümünde hangi debi değerlerine ihtiyaç duyulacağına sistemden daha fazla bilgi toplayarak daha doğru kararlar verilebilir.

4.1.3.1. Değişken devirli pompalar

Sabit bir boru tesisatı üzerinde belli bir pompanın basma yüksekliğine karşı sunabileceği debi değeri sabittir. Tüm çalışma aralığı için çıkarılacak debi değerleri ile ilişkisi de pompanın karakteristiğini verir. Bu tesisatta sabit devirde dolaştırılacak su debisine karşılık sistemde oluşacak basınç düşümüne de sistem karakteristiği denir. Bu ikisinin kesişim noktası pompanın çalışma noktasını verir.

Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde sistem değişkenlerinden toplayıcı devresindeki değişimlerden bahsedilmiştir. Buna göre elimizde değişken bir sistem karakteristiği var diyebiliriz. Pompa karakteristiği de devir sayısına

bağlı olarak değişebilir. Pompa devri de değiştirilirse pompanın karakteristiği yeni sistem karakteristiğine en uygun seviyeye taşınarak enerjiden tasarruf edilmiş olur. Daha da önemlisi pompalarda güç ihtiyacı devir sayısının küpü ile orantılı olarak artar. Yani sistemdeki değişime göre pompa devri bir miktar düşürüldüğünde devir düşüş oranından daha fazla bir oranla enerji tasarrufu yapılır. Bu da pompa devrinin değişken olmasının önemini ortaya koymaktadır. Pompalarda devir değişimi ile güç ve debi değişimi arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 4.16'da verilmiştir (British Pump Manufacturers Association, 2002).



Şekil 4.16 Değişken devirli pompada debi-güç-basma yüksekliği ilişkisi .

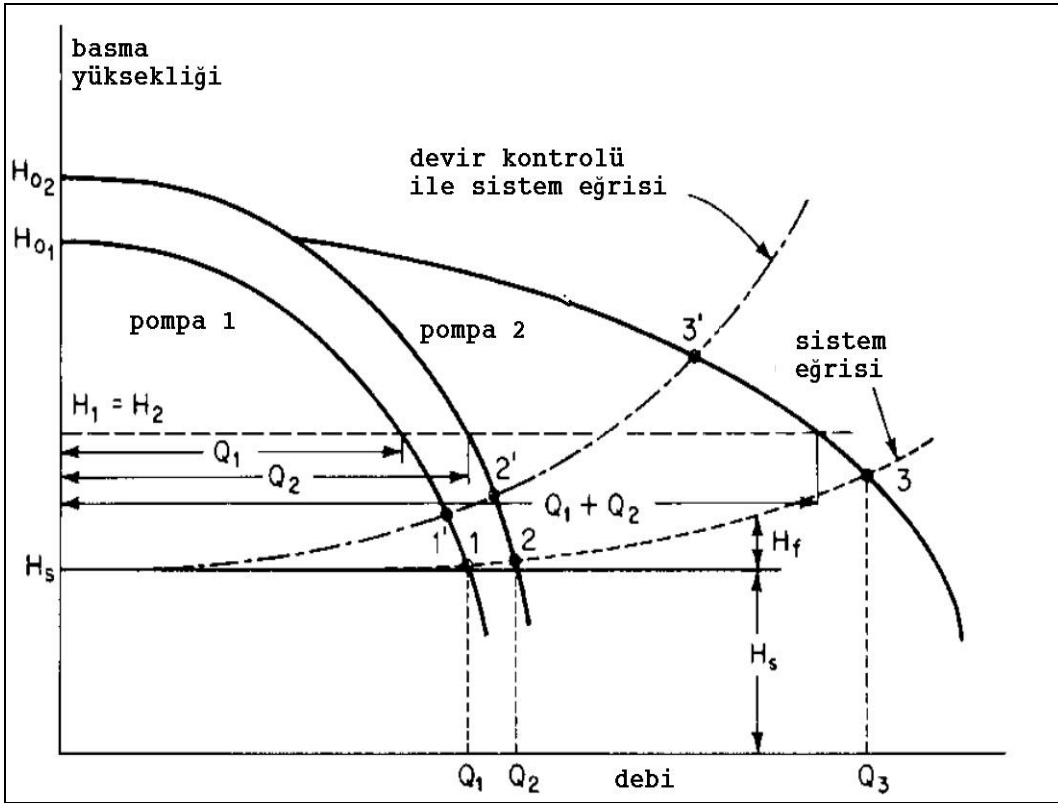
(British Pump Manufacturers Association, 2002)

Devir kontrolü dışında birden çok pompa kullanımı da verimlilik için katkı sağlar. Örneğin sistemde tek bir büyük pompa yerine iki tane pompa birlikte kullanılırsa ihtiyaca göre bir tanesi veya iki tanesinin çalışması seçilerek yine enerji tasarrufu sağlanabilir. Değişken devirli pompaların devir kontrolünde pompanın elektrik motoru ile tahriki açısından inilebilecek minimum devir sınırı vardır.

Genellikle %60'dan daha düşük devir sayısı seçilmesi elektrik motorlarında zaman içinde sorunlara neden olmaktadır. Oysa en az iki pompalı bir sistemde pompalardan biri değişken devirli seçilirse bir pompa kapalı diğeri %60 güçte çalıştığında tüm kapasitenin %30 una inilebilmiş demektir.

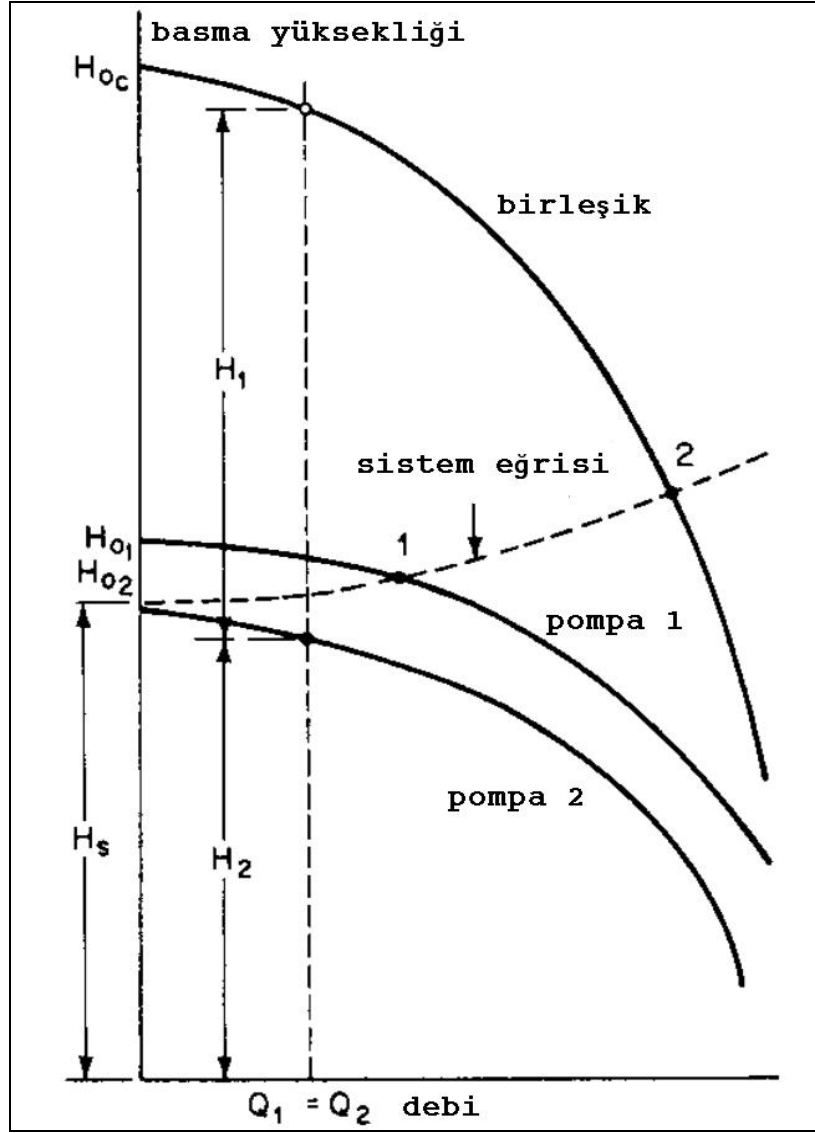
Çok pompalı sistemlerde diğeri bir fayda da iki pompanın seri veya paralel bağlanarak birden çok pompa karakteristiği elde edilmesidir. Böylelikle değişen sistem karakteristiğine daha iyi uyum sağlayacak bir alternatif seçilerek verim de yine yukarı taşınabilir.

Pompalar paralel bağlandığında basma yüksekliği değişmeden daha fazla debi değeri elde edilebilir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 Paralel bağlı pompalarda devir kontrolü ve sistem eğrisi.

Pompalar seri bağlandığında debi değişmeden daha fazla basma yüksekliği değeri elde edilebilir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 Seri bağlı pompalar ve sistem eğrisi.

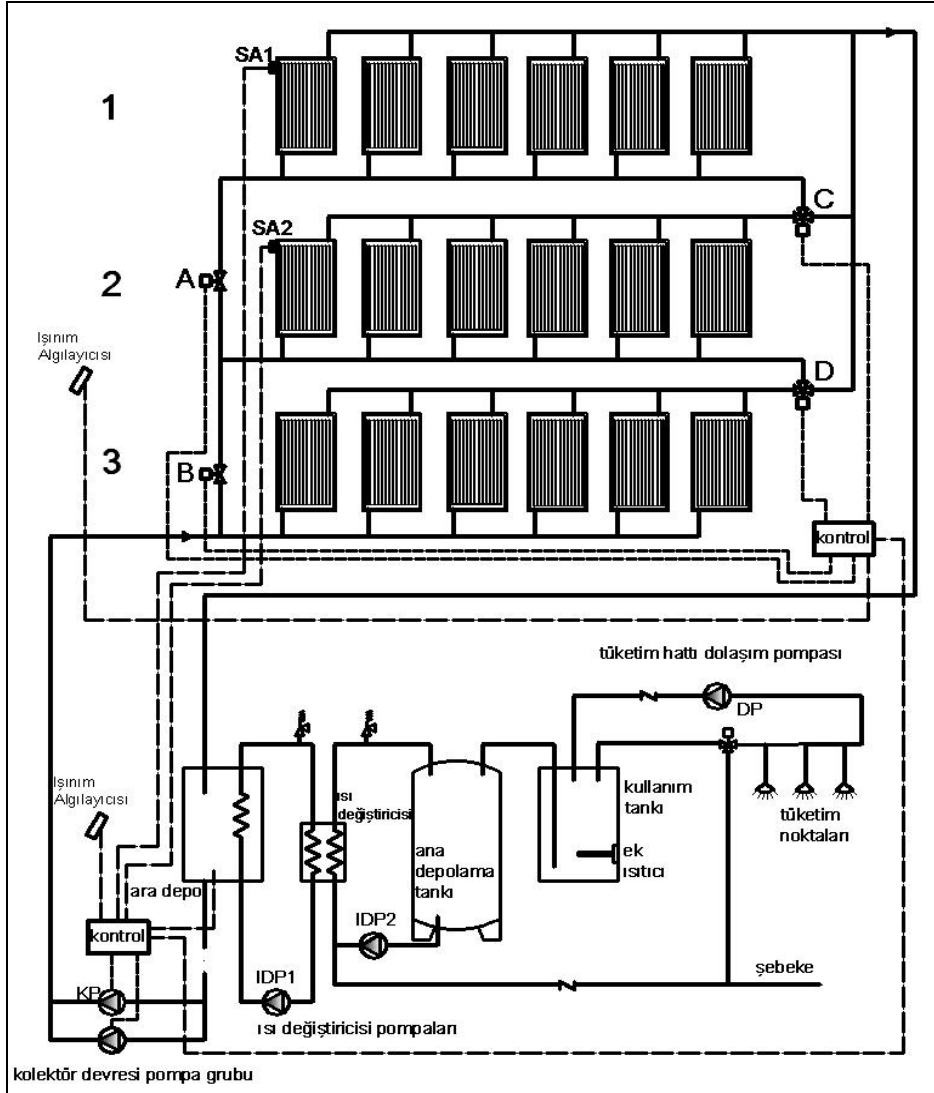
4.1.3.2. Toplayıcı devresi pompaları

Toplayıcı devresi pompasının mevcut durumda bilinen otomasyon kurgusu olan toplayıcı sıcaklığı ve ara depo sıcaklığı farkına dayalı olarak çalıştırılması dışında devir kontrolünden de faydalanılarak daha verimli çalışması için yeni yaklaşımlar getirilebilir. Bunlar;

- Toplayıcı devresindeki bağlama şeklinin kontrol edilerek devir seçiminde veya pompa sayısı seçiminde kullanılması
- Güneş ışıınımı şiddetinin doğrudan okunarak sıcaklık farkı ortaya çıkmasını beklemeden erken kalkış yapılması

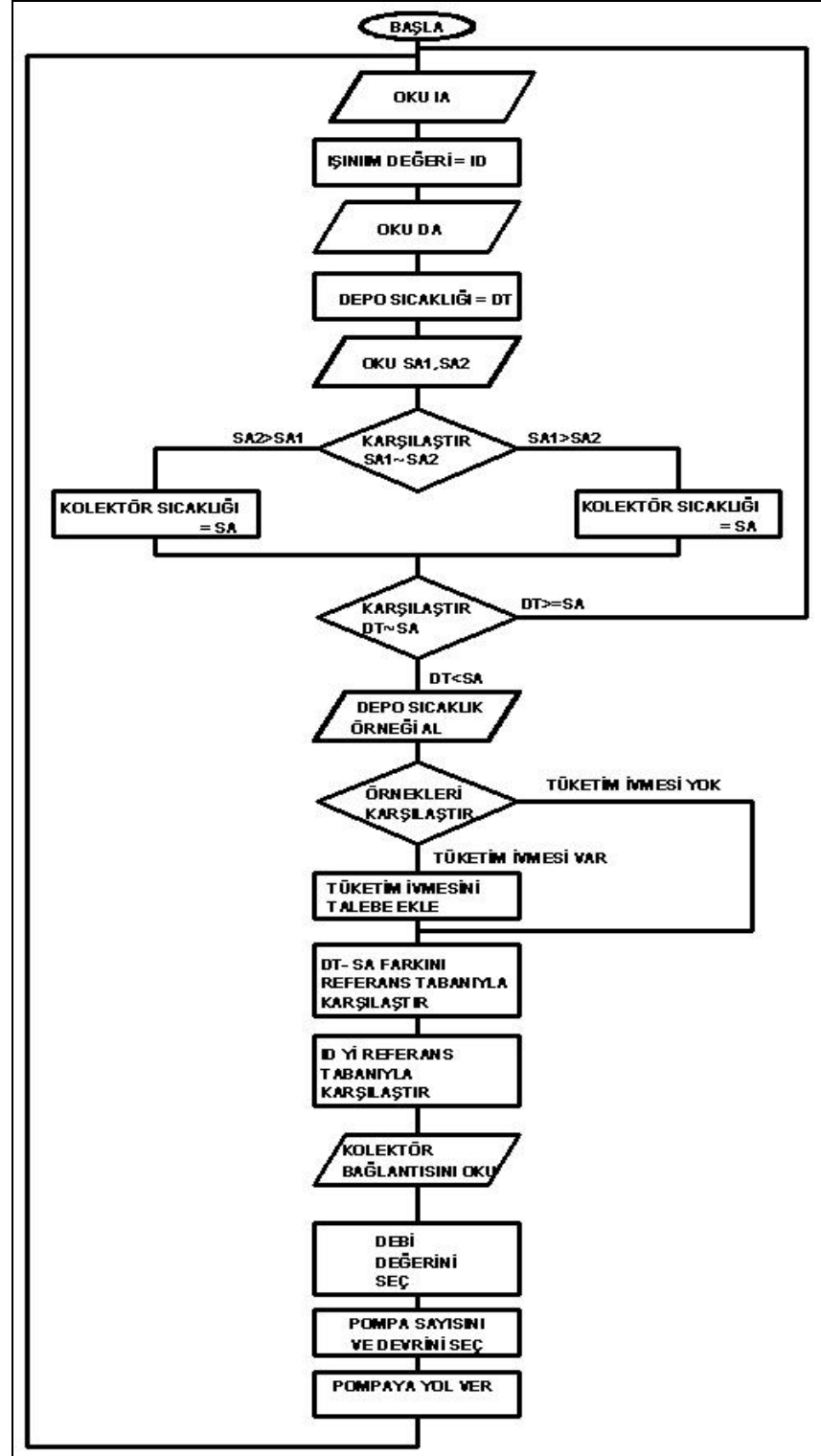
- Ara depo ve ana depo içeriği en yüksek düzeyde sıcaklığa ulaştığı halde üretilmiş sıcak suyun tüketimini anlık olarak okuyarak sıcaklık düşüşünü beklemeden çalışmaya başlaması
- Ara depo sıcaklığı düşüşündeki ivmeyi ve güneş ışınlımının şiddetini okuyup karşılaştırarak devir seçimi yapılması

Bu yaklaşımlar toplayıcı devresi pompasında otomasyon kurgusuna eklenirse sistem öncekinden çok daha verimli çalışır hale geleceği gibi sistemin cevap süresi de kısalmaktadır. Daha önce tasarlanan değişken bağlantılı toplayıcı devresi ve pompası bir araya getirilmiş vaziyetteki sisteme ait şema Şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.19 Değişken bağlantılı toplayıcı devresine sahip sıcak su hazırlama sistemi.

Değişken bağlantılı toplayıcı devresi ile toplayıcı devresi pompasında öngörülen iyileştirmeleri içeren sistemin çalışmasına ait hazırlanan algoritma da Şekil 4.20’de sunulmuştur.



Şekil 4.20 Toplayıcı devresi programı için örnek algoritma.

4.1.3.3. Eşanjör devresi pompaları

Şekil 4.15'deki sistemde kullanılan eşanjörün karşıt akımlarını sağlamak üzere 2 pompa kullanılmıştır. Geleneksel kontrol sisteminde buna benzer amaçla kullanılan iki pompa ara ısıtma deposu ile ana depo arasında sıcaklık farkı alarak çalışır. Önceden belirlenen fark değeri mevcutsa pompalar çalışmaya başlayarak ana depoya ısıl farktan enerji soğurmaya çalışırlar. Bir fark termostatının gerçekleştiremeyeceği bazı görevler sistemde tasarlanan kontrol birimi ile gerçekleştirilebilir. Bu görevler;

- Eşanjörün ısı transfer kapasitesini zaman fonksiyonuyla denetleyerek gerekenin üzerinde devir kullanmayıp bu sayede enerji tasarrufu sağlamak.
- İhtiyaç olduğu halde güneş ışıınının olmadığı durumdan ışıının mevcudiyetine geçişte ışıının değerine de bakarak gereken devirde erken kalkış yapmak. Ara depodaki sıcaklık kazanımına göre pompa devrini sürekli denetlemek.
- Ana depoda sıcak suyun hazır olduğu ve aynı anda güneş ışıınının mevcut olduğu durumdan sıcak suyun tüketilmeye başlama durumuna geçişte tüketim ivmesi saptayarak ışıının şiddetiyle ilişkilendirilmiş motor devri saptamak ve erken kalkış yaparak sistemin yanıt süresini kısaltmak

4.1.3.4. Tüketim devresi dolaşım pompası

Tüketim devresi dolaşımı için kullanılacak pompalar genellikle güneş enerjili sistemlerden bağımsız tesisatın standart kısmıyla ilgili görülür. Şekil 4.19'da gösterilen kullanım suyu dolaşım pompası depo suyu sıcaklığını ve tüketim noktasındaki sıcaklığı okuyarak önceden ayarlanmış bir fark değerinde kullanım noktasını depoya eşitlemek üzere dolaşım başlatan bir termostata sahiptir. Ancak güneş enerjili sıcak su hazırlama sisteminin kontrol sistemiyle ilişkilendirilirse bu pompalar da sistemin geneli için bazı yeni işlemler gerçekleştirebilecektir;

- Kullanım suyu sıcaklığının konfor amaçlı kullanımı dışında gereken sıcaklık yakalandığında sürekli çevrim zamanları ayırarak tüm sistemi

ölü noktalar bırakmadan sıcak suyla temas ettirmek. Böylelikle lejyonella gibi bakterilerle mücadele etmek

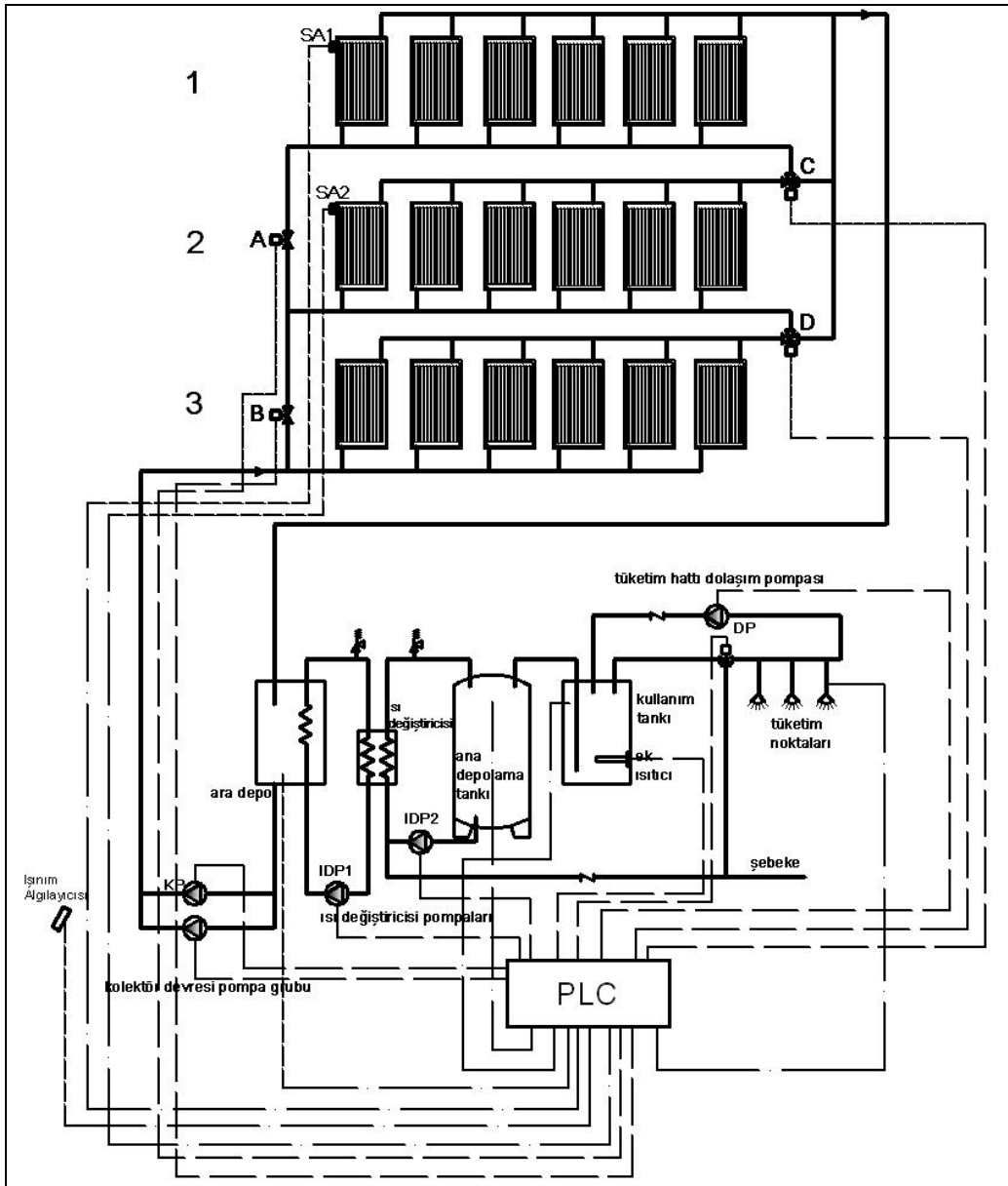
- Diğer kontrol biriminin zaten montajı yapılmış depo ve kullanım suyu algılayıcılarını kullanarak ilave sıcaklık algılayıcısına gerek bırakmamak. Aynı şekilde farklı bir noktaya yeni bir termostat kurma gereksinimini ortadan kaldırmak
- Kullanıcı alışkanlıklarını belirleyerek uzun süreli ölü zamanlarda sıcak suyu sürekli boru hattında çevirmeyip beklemeye geçmek. Böylece ana depodan ısı ve pompa tüketiminden elektriksel kazanç elde etmek

4.2. Tek Merkezli Entegre Otomasyon

Sistem bileşenlerinin her biri sunabilecekleri yeni imkânlar ile değerlendirilirken bu yeni imkânlar için çevreden alınan veriler üzerinde durulmuştur. Sistem bileşenlerinin tamamının kullandığı veriler ve çalışma amaçlarındaki ortaklıklar düşünülürse her bir bileşenin de birbirinden haberdar olmasının hatta tek başına ihtiyaç duymadıkları verileri dolaylı olarak kullanabilecekleri ortaya çıkmaktadır.

Örneğin ana depo eşanjör pompası ara depo ile sıcaklık farkı okuduğunda bir devir değeri seçerken aynı anda tüketim talebini de okuduğunda daha farklı bir düzeltme yapabilecektir. Yine aynı anda bu talep karşılama dolaşımının soğuracağı kaynak olan ara deponun da sıcaklığı düşeceği için eşanjör pompasının hareketinden yola çıkıp toplayıcı devresi pompası da yol almaya başlamalıdır.

Böylelikle ara depo tekrar yinelenmesi zor bir fark değere ulaşmadan toplayıcı devresi başlangıçtaki talebe hızlı bir yanıt üretmiş olur. Bunun gibi sebeplerle güneş enerjili sıcak su hazırlama sisteminin tüm algılayıcılarının her nokta için ortak karar üretecek merkezi bir otomasyon birimi tarafından yönetilmesi önemli kazançlar sağlayacaktır (Şekil 4.21). Sistemin programlanması için hazırlanacak yazılımda böylelikle her problemin çözümünü sistemin tüm imkânlarını kullanarak yapabilecektir.

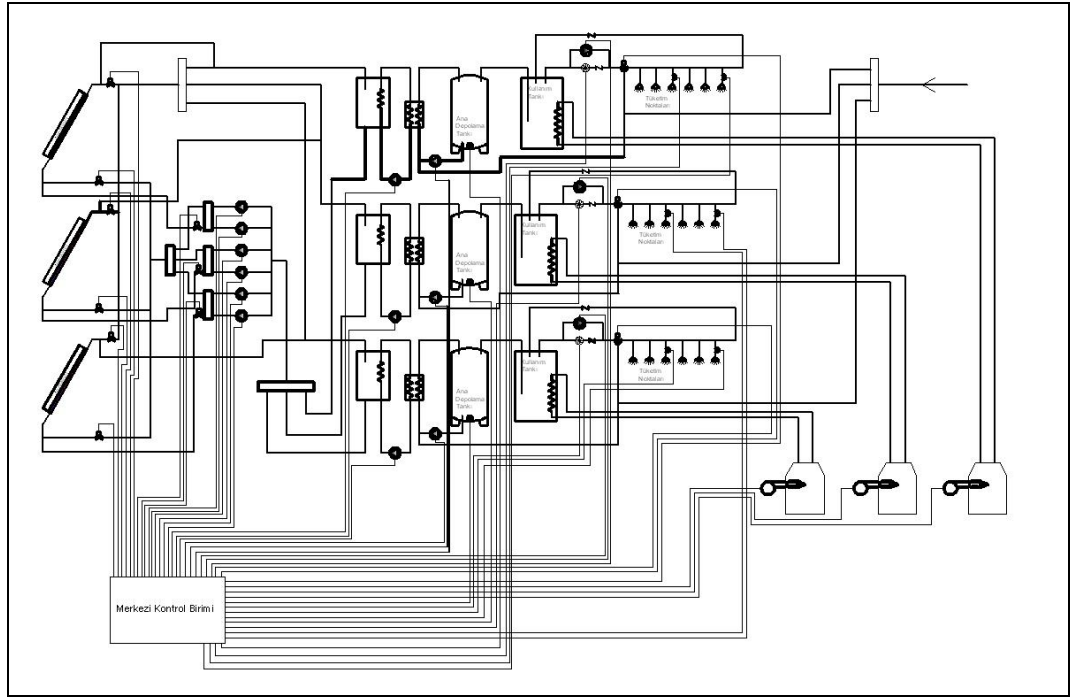


Şekil 4.21 Merkezi otomasyon ünitesine sahip değişken toplayıcı devreli sıcak su hazırlama sistemi

4.3. Büyük Ölçekli Sistemler

Oteller, spor tesisleri, öğrenci yurtları, merkezi veya mahalli ısıtmaya sahip konut alanları gibi yerlerde büyük ölçekli sıcak su hazırlama sistemleri kurulmaktadır. Bu sistemler sahip olunan en büyük alanda çok sayıda toplayıcı, birden çok depo, eşanjör, pompa grupları, karma çalışmaya uygun kazanlar ve diğer tesisat elemanlarına sahiptir. Tez kapsamında tasarlanan otomasyon sistemi böyle bir enerji tesisinde ilk yatırım maliyeti üzerinde büyük değişiklikler yaratmadan amacına ulaşabilir. Büyük ölçekli sistemler üretilen sıcak birden çok

amaç için tüketilebilir. Örneğin bir otelde mutfak, havuz ısıtması, oda ısıtma ihtiyaçları, duşlar, spor salonları gibi mekânlar için sıcak su gerekebilir. Bu mahallerin her biri ayrı zaman dilimlerinde ayrı yoğunluğa sahip olacaktır. Ayrıca otelin mevsimsel müşteri yüküne göre de sistemdeki yük ve bu yükün yine mevsimsel ve gün içindeki güneş ışınlımlı değerlerinin değişimiyle karşılanma oranı da değişecektir. Geleneksel bir sistem bunca farklılıklara rağmen bu büyüklükte bir sistemi bütünüyle çalıştırır veya kapatır. Bilinen bazı dönemler için elle tesisata bir teknik eleman tarafından müdahale edilerek sistem ancak farklı boyutta çalışabilir. Onun yerine bu sistemin tüm birimleri çalışma kapsamında tasarlanan otomasyon yöntemini kullanırsa bazı akılcı çözümler üreterek enerji tüketimini azaltabilir. Böyle bir sistem şekil 4,22’de verilmiştir.

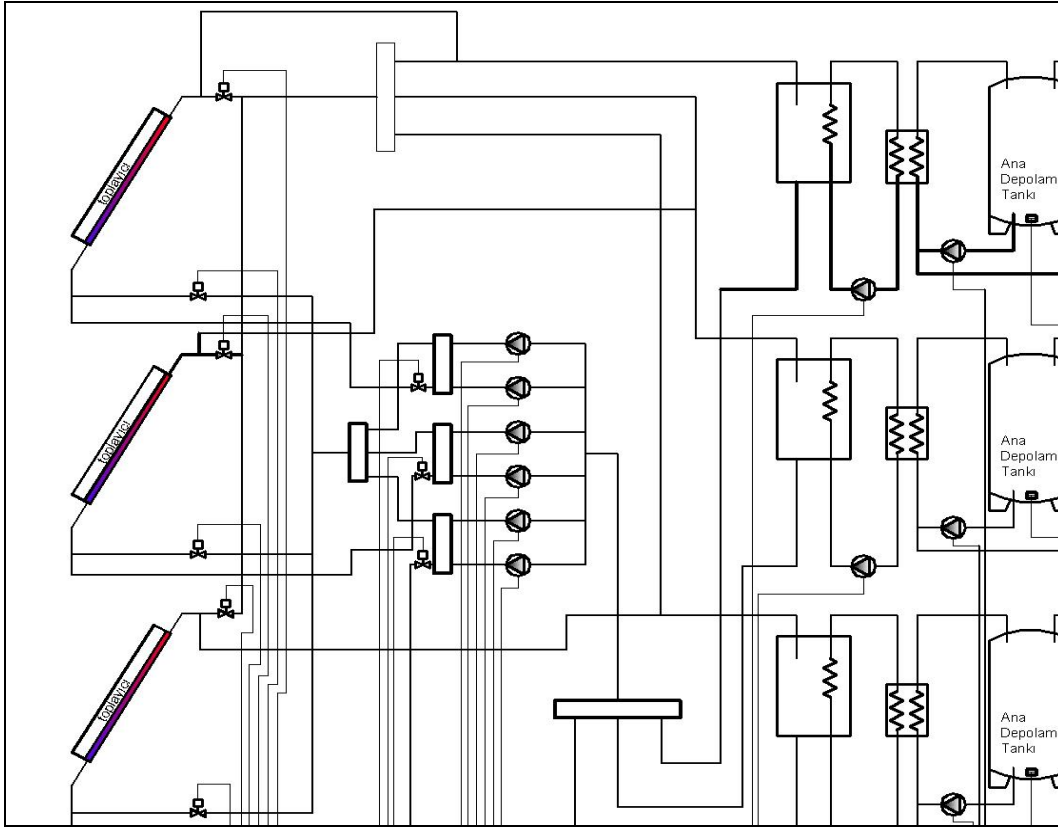


Şekil 4.22 Büyük ölçekli sistemde merkezi otomasyon örneği.

Örneğin kullanılmayan bölgeleri ve bunlara bağlı depoları tespit ederek geçici olarak kapatabilir. Bu durumda daha küçük bir toplayıcı alanı aktif olan küçük depo hacmini ısıtabilir. Sadece yeterli sayıda toplayıcı devreye alınır. Bu durumda toplayıcı devresinde ihtiyaç duyulan akışkan debisi de azalacağı için az sayıda pompa çalışması yeterli olabilir. Yine bu şartlarda güneş ışınlımlı da yüksek veya depo sıcaklıkları üst sınıra yaklaştıysa ve kullanıcı tüketimi de azalmışsa pompa sayısı daha da azaltılabilir.

Diğer bir örnek odalardaki dolaşım hattı ile ilgili verilebilir. Örneğin söz konusu işletmede odaların bulunduğu bölgede hiçbir tüketim hareketi görülüyorsa debimetreler bunu algılayacak ve bu bölgede çalışmayı durduracaktır.

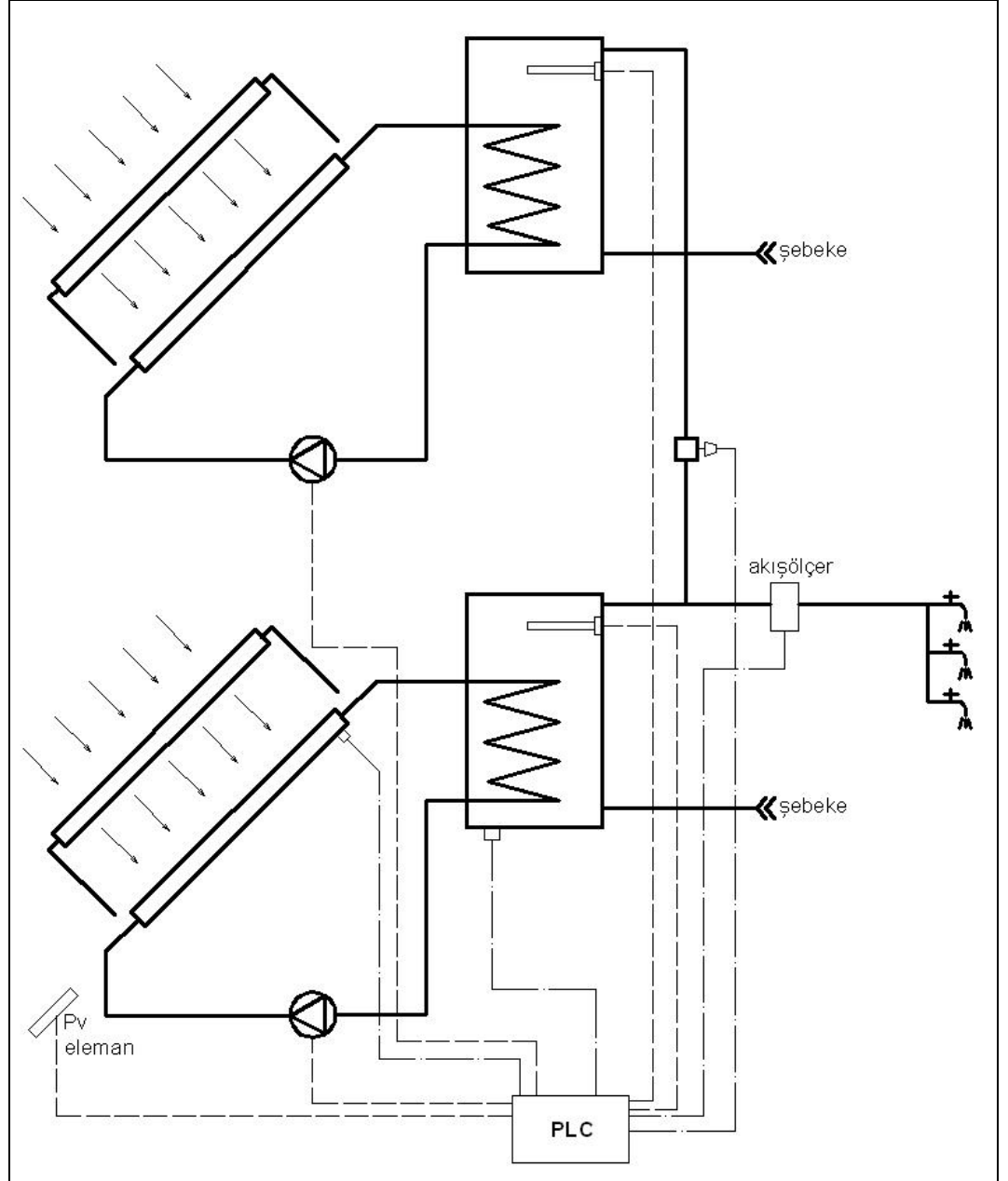
Sistemin en büyük yetisi ise gerektiğinde en küçük toplayıcı alanı ile en büyük sistem yükünü veya en büyük değerleri veya eşit değerleri karşı karşıya getirebilmesidir. Şekil 4,23’de sistemin toplayıcı bölgesi ayrıntılı şekilde verilmiştir. Aktif pompa sayısını, toplayıcı sayısını ve bunların hangi bölgeye yönlendirileceğini belirleyen elektrikli vanalar görülmektedir.



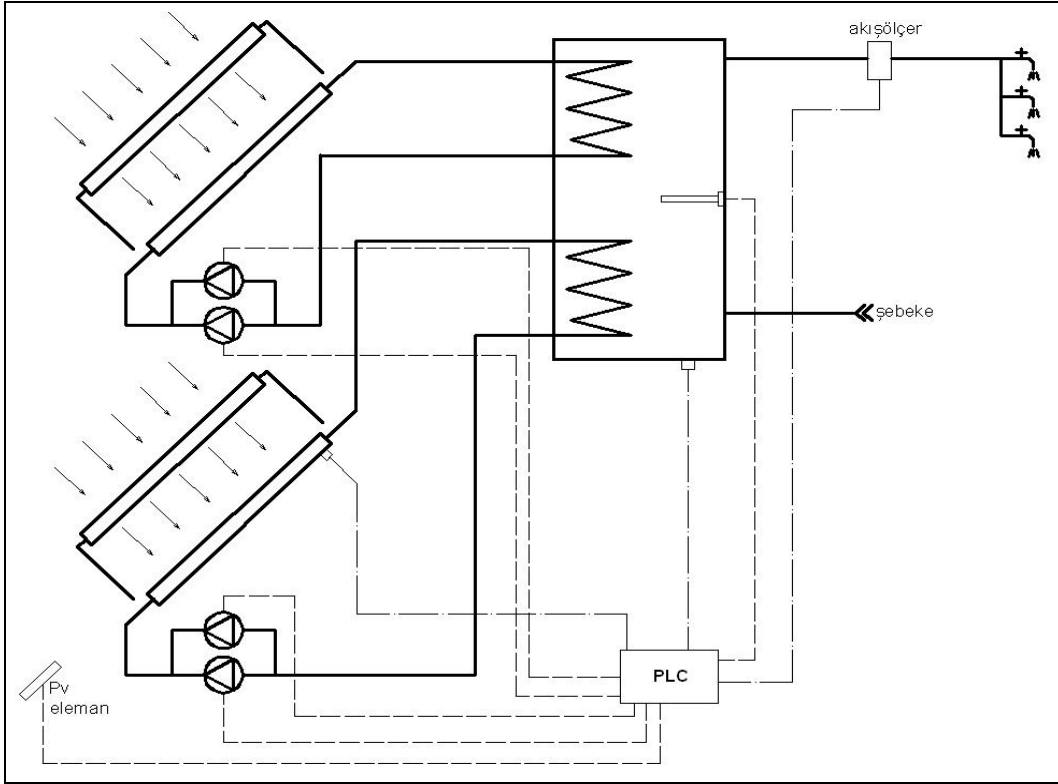
Şekil 4.23 Merkezi otomasyon toplayıcı devresi bölümü.

Şekil 6.1’de verilen sistem, görüldüğü üzere tüketim gereksinimlerinin lokal olarak ölçeklendirilip ayrıştırılarak yönetilmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Ancak bazı durumlarda işletme tipi sadece sistemin sadece bir bölümünden farklılıklar talep eder. Böyle bir durumda ise sadece belli katları ayrıştırılmış sistemler oluşturulmalıdır. Örneğin bir sistemde bulunan değişken toplayıcı devresi, ortak büyük bir depoyu kullanacak şekilde tasarlanırken diğer bir

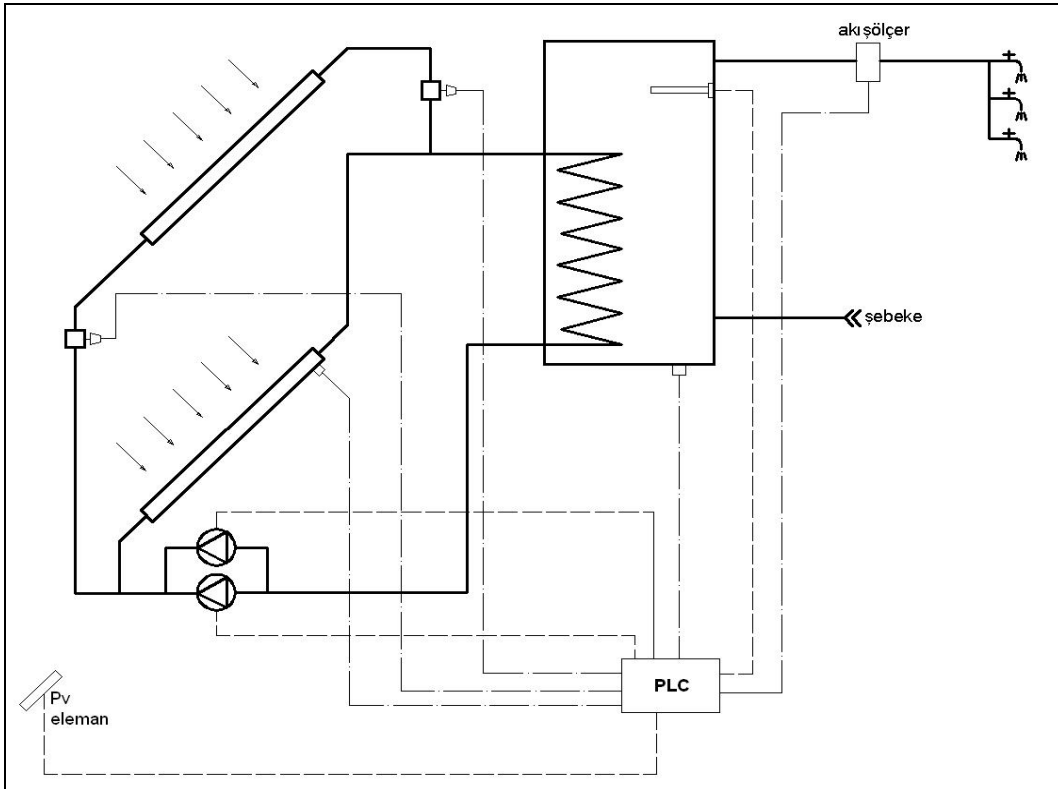
sistemde farklı toplayıcı grupları bir depo içinde kendine ayrılmış ısıl bölgeleri hazırlayacaktır. Bir başka alternatif ise tüm katları bütünüyle ayrılmış sistemlerin tek bir bölgeyi besleyecek şekilde tasarlanmasıdır. Böyle bir sistemde de her sistem kendi içinde oransal çalışma hedeflerini gerçekleştirirken diğer yandan talep doğrultusunda belli sayıda sistem çalışır tutulabilir. Her üç alternatif prensip şemaları ile Şekil 4.24, 4.25 ve 4.26 da verilmiştir.



Şekil 4.24 Çok bölgeyi ortak tüketimli sıcak su hazırlama sistemi.



Şekil 4.25 Ortak depolu ısı katmanlı sıcak su hazırlama sistemi.



Şekil 4.26 Ortak depolu, değişken toplayıcı devreli sıcak su hazırlama sistemi.

5. MANTIKSAL MODEL VE ANALİZİ

Bu çalışmada öngörülen güneş enerjili ısı sistem, kendi dışında ve üzerinde çok sayıda veriyi toplamakta, işlemekte değerlendirip yine sistem üzerinde birçok noktada uygulamaktadır. Bu nedenle sistem için kullanılacak dilsel kural tabanına dayalı bulanık mantık yaklaşımının yanı sıra, bu yaklaşımın sistem üzerine uygulanışı, otomasyon için yazılım haline getirilirken tercih edilen PLC dili üzerinde oluşturulması incelenmiştir. Sistemin çalışmasının daha kolay anlaşılması için sistemin toplayıcı devresi, sistemin genel döngüsünden bağımsızlaştırılarak örneklem için ele alınmıştır. Sistem bu haliyle geleneksel programlanmış diğer katmanlara da bağlanabilir.

5.1. Dilsel Kural Tabanına Dayalı Sistemler

Daha önce değinilen bulanık mantık kontrol döngüsünü karmaşık bir sisteme uygulamak ve bu sistemin kural tabanını hazırlamak için sistemle ilgili çalışma şartları verilerine ihtiyaç vardır. Bu veriler bir güneş enerjili sıcak su hazırlama sisteminde;

Toplayıcı çıkışındaki akışkan sıcaklığı, depodaki akışkan sıcaklığı bunun farkı ve farkın büyüklüğünün ısı kazancı için anlamı

Ön ısıtma, asıl ve yardımcı su depolarının sıcaklık farkları ve bu farkların ara dolaşım pompaları için debisel gereksinim anlamı

Güneş ışıınımı değeri ve ısı üretilebilecek değer aralığı

Çıkış su sıcaklık değerleri ve tüketim talepleri gibi sıralanabilir.

Bu verileri sistemin amacı doğrultusunda kural dizileri haline getirip bulanık mantık kümeleriyle birleştirmek bize bu tip sistemler yeni birer kontrol sistemi verecektir. Şekil 4.19'daki değişken toplayıcı devresine sahip sistem için pompa, toplayıcı devresi bağlantısı ve ek ısıtıcı kontrolünü kapsayan bir dilsel kural tabanı hazırlanmıştır (Çizelge 5.1).

Bu kural tabanı, güneş ışıınının tüm olasılıklarına bulanık çıkarımla birer dilsel değer atayıp bu değerleri de tank sıcaklığının olasılıkları olan bulanık

sıcaklık ifadeleri ile yan yana getirmektedir. Böylelikle toplayıcı devresinin akışkan debisi ihtiyacı için olasılıklar ortaya çıkmakta ve her biri için karşılık olabilecek pompa çalışma konumları eşleştirilmektedir. Pompaların sağlayacağı debi değerlerine göre de toplayıcı devresinin konumu belirlenmektedir. Pompaların çalışmadığı sıfır ısıtım durumlarında ek ısıtıcı devrede olacak şekilde karar üretilmiştir. Bu dilsel ifadelerle gösterilen kararlar da sistemin sonraki aşamalarında daha önce Şekil 3.3'te gösterildiği gibi durulaştırılarak kesin sayısal değerlere veya komutlara çevrilir.

Çizelge 5.1 Değişken toplayıcı devresi içeren ek ısıtıcı sisteme ait kural tabanı

Tank sıcaklığı	Isıtım değeri	Pompa 1	Pompa 2	Ek ısıtıcı	Toplayıcı devresi konumu
çok yüksek	çok yüksek	kapalı	kapalı	kapalı	önceki konumda
çok yüksek	yüksek	kapalı	kapalı	kapalı	önceki konumda
çok yüksek	ortalama	kapalı	kapalı	kapalı	önceki konumda
çok yüksek	düşük	kapalı	kapalı	kapalı	önceki konumda
çok yüksek	çok düşük	kapalı	kapalı	kapalı	önceki konumda
yüksek	çok yüksek	düşük debi	kapalı	kapalı	kısmi devre, paralel
yüksek	yüksek	düşük debi	kapalı	kapalı	kısmi devre, paralel
yüksek	ortalama	yüksek debi	kapalı	kapalı	kısmi devre, paralel
yüksek	düşük	yüksek debi	kapalı	kapalı	kısmi devre, paralel
yüksek	çok düşük	yüksek debi	kapalı	kapalı	kısmi devre, paralel
ortalama	çok yüksek	yüksek debi	düşük debi	kapalı	tam devre, paralel
ortalama	yüksek	yüksek debi	düşük debi	kapalı	tam devre, paralel
ortalama	ortalama	yüksek debi	düşük debi	kapalı	tam devre, paralel
ortalama	düşük	yüksek debi	kapalı	kapalı	tam devre, seri
ortalama	çok düşük	yüksek debi	kapalı	kapalı	tam devre, seri
düşük	çok yüksek	yüksek debi	yüksek debi	kapalı	tam devre, paralel
düşük	yüksek	yüksek debi	düşük debi	kapalı	tam devre, paralel
düşük	ortalama	yüksek debi	kapalı	kapalı	kısmi devre, paralel
düşük	düşük	düşük debi	kapalı	kapalı	tam devre, seri
düşük	çok düşük	düşük debi	kapalı	kapalı	tam devre, seri
çok düşük	çok yüksek	yüksek debi	yüksek debi	kapalı	tam devre, paralel
çok düşük	yüksek	yüksek debi	yüksek debi	kapalı	tam devre, paralel
çok düşük	ortalama	yüksek debi	düşük debi	kapalı	tam devre, paralel
çok düşük	düşük	yüksek debi	kapalı	kapalı	tam devre, seri
çok düşük	çok düşük	düşük debi	kapalı	kapalı	tam devre, seri
çok yüksek	yok	kapalı	kapalı	kapalı	önceki konumda
yüksek	yok	kapalı	kapalı	kapalı	önceki konumda
ortalama	yok	kapalı	kapalı	açık	önceki konumda
düşük	yok	kapalı	kapalı	açık	önceki konumda
çok düşük	yok	kapalı	kapalı	açık	önceki konumda

Dilsel kural tabanı için bir örnek de şekil 4.21’de verilen sistemin sadece tüketim hattı dolaşım sistemi için hazırlanmıştır. Tüketim hattında önemli olan tüketim noktasındaki su sıcaklığını kullanım suyu için belirlenen son depodaki su sıcaklığı ile aynı tutmaktır. Böylelikle kullanıcı bir bataryayı açtığında uzun süre su sıcaklığının ayar değeri ile aynı akması için beklemez. Lüzumsuz su tüketimi de engellenmiş olur. Diğer yandan bakteri dezenfeksiyonu için yapılacak haftalık şoklama için bir zamanlayıcı ve su sıcaklığı düşme bile durgun suyun yaratacağı sağlık riskini engellemek için periyodik zamanlayıcıya ihtiyaç vardır. Tüm bu unsurları içeren bir kural tabanı sistemin bu bölümü için hazırlanmıştır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2 Dolaşım hattı tüketim pompası için kontrol sistemi kural tabanı

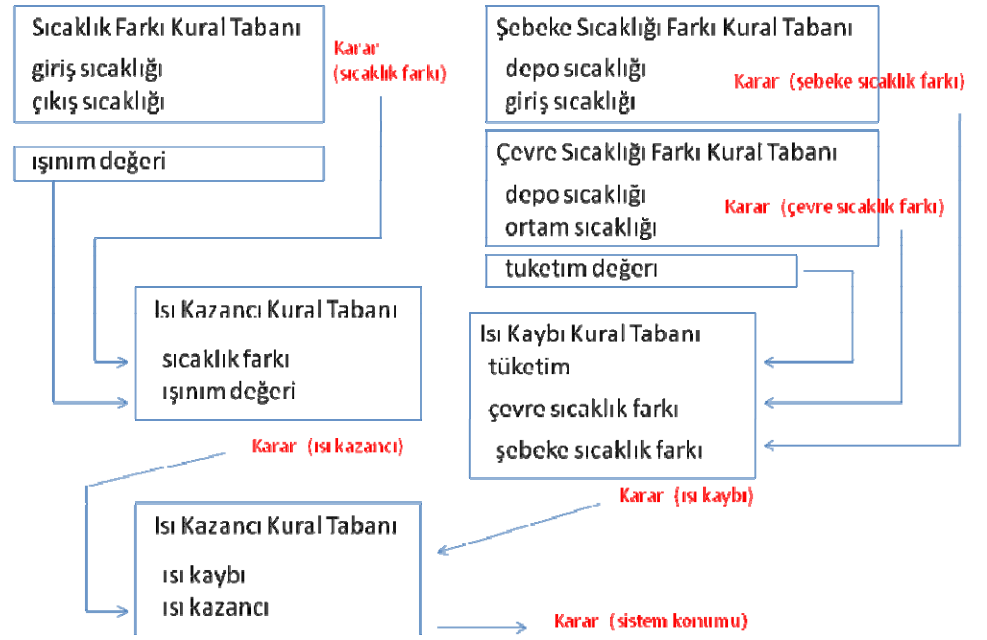
Depo su sıcaklığı	Çıkış su sıcaklığı	Isıl şok zamanlayıcı	Dolaşım en küçük zamanı	Dolaşım pompası
çok yüksek	çok yüksek	pasif	pasif	kapalı
çok yüksek	yüksek	pasif	pasif	düşük debi
çok yüksek	ortalama	pasif	pasif	ortalama debi
çok yüksek	düşük	pasif	pasif	yüksek debi
çok yüksek	çok düşük	pasif	pasif	çok yüksek debi
yüksek	yüksek	pasif	pasif	kapalı
yüksek	ortalama	pasif	pasif	düşük debi
yüksek	düşük	pasif	pasif	ortalama debi
yüksek	çok düşük	pasif	pasif	yüksek debi
ortalama	ortalama	pasif	pasif	kapalı
ortalama	düşük	pasif	pasif	düşük debi
ortalama	çok düşük	pasif	pasif	ortalama debi
düşük	düşük	pasif	pasif	kapalı
çok düşük	çok düşük	pasif	pasif	kapalı
çok yüksek	çok yüksek	aktif	pasif	yüksek debi
çok yüksek	yüksek	aktif	pasif	yüksek debi
çok yüksek	ortalama	aktif	pasif	yüksek debi
çok yüksek	düşük	aktif	pasif	yüksek debi
çok yüksek	çok düşük	aktif	pasif	yüksek debi
yüksek	yüksek	aktif	pasif	yüksek debi
yüksek	ortalama	aktif	pasif	yüksek debi
yüksek	düşük	aktif	pasif	yüksek debi
yüksek	çok düşük	aktif	pasif	yüksek debi
ortalama	ortalama	aktif	pasif	yüksek debi
ortalama	düşük	aktif	pasif	yüksek debi
ortalama	çok düşük	aktif	pasif	yüksek debi

Çizelge 5.2 Dolaşım hattı tüketim pompası için kontrol sistemi kural tabanı (devamı)

düşük	düşük	aktif	pasif	yüksek debi
çok düşük	çok düşük	aktif	pasif	yüksek debi
çok yüksek	çok yüksek	aktif	aktif	yüksek debi
çok yüksek	yüksek	aktif	aktif	yüksek debi
çok yüksek	ortalama	aktif	aktif	yüksek debi
çok yüksek	düşük	aktif	aktif	yüksek debi
çok yüksek	çok düşük	aktif	aktif	yüksek debi
yüksek	yüksek	aktif	aktif	yüksek debi
yüksek	ortalama	aktif	aktif	yüksek debi
yüksek	düşük	aktif	aktif	yüksek debi
yüksek	çok düşük	aktif	aktif	yüksek debi
ortalama	ortalama	aktif	aktif	yüksek debi
ortalama	düşük	aktif	aktif	yüksek debi
ortalama	çok düşük	aktif	aktif	yüksek debi
düşük	düşük	aktif	aktif	yüksek debi
çok düşük	çok düşük	aktif	aktif	yüksek debi
çok yüksek	çok yüksek	pasif	aktif	yüksek debi
çok yüksek	yüksek	pasif	aktif	yüksek debi
çok yüksek	ortalama	pasif	aktif	yüksek debi
çok yüksek	düşük	pasif	aktif	yüksek debi
çok yüksek	çok düşük	pasif	aktif	yüksek debi
yüksek	yüksek	pasif	aktif	yüksek debi
yüksek	ortalama	pasif	aktif	yüksek debi
yüksek	düşük	pasif	aktif	yüksek debi
yüksek	çok düşük	pasif	aktif	yüksek debi
ortalama	ortalama	pasif	aktif	yüksek debi
ortalama	düşük	pasif	aktif	yüksek debi
ortalama	çok düşük	pasif	aktif	yüksek debi
düşük	düşük	pasif	aktif	yüksek debi
çok düşük	çok düşük	pasif	aktif	yüksek debi

Hazırlanan iki örnek de sistemlerin olabildiğince temel özelliklerini veya bir bölümün özelliğini ele almıştır. Ancak tüm sistemin değişkenlerini içeren bir kural tabanı giderek daha büyük bir veri yığını oluşturacaktır. Olasılıklar artacak ve sistemin üzerinde çalıştığı donanımlar geleneksel bir sistemden daha fazla zorlanacaktır. Bu durumda kural tabanları daha basit alt kısımlara bölünerek her birinin ürettiği karar yeni bir kural tabanında tekrar işleme tabi tutulabilir. Böylelikle kural tabanındaki toplam durum sayısı azaltılabilir. Sistemler de basit tutulabilir. Ancak böyle bir kural tabanını hazırlamak için sistemi mantık işlemleri

bakımından katmalara ayırmak gerekecektir. Bu gereksinim nedeniyle bu şekilde hazırlanmış kural tabanlarına buradan sonra katmanlı kural tabanı ifadesiyle değinilecektir. Bir katmanlı kural tabanının işleyişine dair akış şeması Şekil 5.1 de verilmiştir. Bu kural tabanı bir sıcak su hazırlama sisteminin kazanç ve kayıplarını ayrı ayrı işleyerek sonuçları toplam kazanç haline getirmekte ve sistemdeki donanım konumlarını seçmektedir. Bu yolla şemada görülen 12 alt değişkenin yaratacağı yüzlerce olasılıktan onlarla ifade edilebilen düzeye inilebilecektir.



Şekil 5.1 Katmanlı kural tabanı akış şeması örneği

Bir diğer örnek de Çizelge 5.2’de verilen kural tabanının katmanlara ayrılıp basit bir yapıya kavuşturulması ile hazırlanmıştır. Bu yapının ilk aşaması sıcaklık farkı alan katmandır (Çizelge 5.3). Bu katmanda depo suyu sıcaklığına ait olasılıkların bulanık çıkarımlarıyla kullanım suyu çıkış sıcaklık değerlerine ait olasılıkların bulanık çıkarımları yan yana getirilerek elde edilen sıcaklık farkı olasılıkları ve bunların dilsel ifade karşılıkları elde edilmiştir.

Sistemde kullanılan diğer bir katman ise zamanlayıcıların katmanıdır. Sistemdeki ısıl dezenfeksiyon amaçlı sayaçların herhangi biri çalışma zamanını gösteriyorsa daha önceden yüksek değerde ayarlanmış pompa debisi değeri ile dolaşım başlatılacaktır. Burada depo sıcaklığı farkına bakılmayacaktır.

Çizelge 5.3 Sıcaklık farkı alan kural tabanı katmanı

Depo su sıcaklığı	Çıkış su sıcaklığı	Sıcaklık farkı
çok yüksek	çok yüksek	yok
çok yüksek	yüksek	çok küçük
çok yüksek	ortalama	küçük
çok yüksek	düşük	ortalama
çok yüksek	çok düşük	büyük
yüksek	yüksek	yok
yüksek	ortalama	çok küçük
yüksek	düşük	küçük
yüksek	çok düşük	ortalama
ortalama	ortalama	yok
ortalama	düşük	çok küçük
ortalama	çok düşük	küçük
düşük	düşük	yok
çok düşük	çok düşük	yok

Çizelge 5.4 Isıl şoklayıcılar için sayaçlar katmanı

Isıl şok zamanlayıcı	Dolaşım en küçük zamanı	Pompa önceliği
aktif	pasif	aktif
pasif	aktif	aktif
aktif	aktif	aktif
pasif	pasif	pasif

Çizelge 5.3 ve 5.4 ile verilen katmanların kararlarının birleştirildiği en üst katman ise Çizelge 5.5’de verilmiştir. Bu katman dolaşım pompasının devir çalışma durumunu belirleyecek kararı üretir.

Çizelge 5.5 Sistem konumu için üst düzey katman

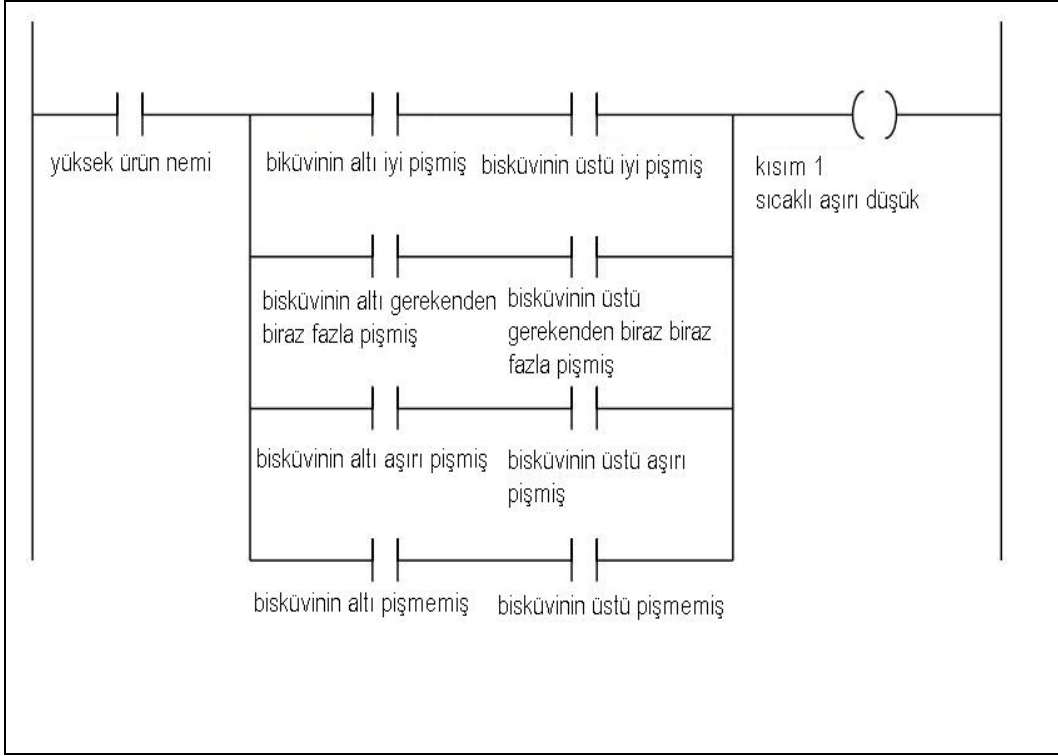
Pompa önceliği	Sıcaklık farkı	Dolaşım pompası
aktif	-----	yüksek debi
pasif	yok	kapalı
pasif	yüksek	çok yüksek debi
pasif	ortalama	yüksek debi
pasif	az	ortalama debi
pasif	çok az	düşük debi

5.2. Bulanık Mantık ile Programlama

Günümüzde yapısal anlamda çeşitlilik gösteren birden çok programla dili veya düzeyinden bahsedebiliriz. Programlama dilleri, üzerinde çalışacakları donanım veya bir alt seviye programlama düzeyinin sahip olduğu imkânlar seviyesinde işlem yapabilirler. Ancak bunun dışında hizmet edecekleri uygulama alanına göre de komut setlerinde sahip olacakları varyasyonlar vardır. Çalışılan sistem ise donanım olarak PLC kullanmaktadır. Bir PLC genellikle üç yöntem (ladder, fonksiyon blok diyagramları, kodlama) ile programlanabilir. Bunlardan ladder, program akışını izleme kolaylığı nedeniyle tercih edilecektir.

Bulanık mantık metodunu kullanan bir sistem Şekil 3.3’de gösterilen akış şekliyle çalışır. Burada PLC ile yapılan ölçümler gerektiğinde güncellenmek üzere hafızaya alınır. Sonuç çıktıları ise yine PLC modülleri ile güç katlarına ve mekanik sistemlere sırasıyla aktaracaktır. Arada kalan tüm kısımlar ise yazılımın görevidir. Yazılımın böyle bir sistemde işlevini yerine getirebilmesi için sayısal verileri bulanıklaştırması ve bulanık karşılıklarını ataması gerekmektedir. Bulanıklaştırma işleminin yapılabilmesi için sistemin kalibrasyonları yapılmış veri tabanına sahip olması gerekmektedir. Böylelikle hangi ölçümün hangi bulanık değeri karşılayacağı önceden sisteme öğretilmiş olur. Daha sonra kural tabanına bağlı yapılacak tarama ile sonuçlar üretilir. Kural tabının tüm karşılıkları da bulanık ifadelerdir. Bulanık ifadeler de yine yazılım ile durulaştırılır. Böylelikle çıkışa aktarılabilir.

Yazılım için anlatılan görevlerin yerine getirilişini bir gıda üreticisinin üretim örneğinde gösterebiliriz. Sistem kurulduğu yıl bu yöntemle test edilmiştir. Bir ürün bandının pişirme kısmında, pişirme değerlerinin belli aralıkta tutulmasında iyileştirme hedeflenmiştir. Gerekli kurallar yazılmış ve ladder yöntemi ile PLC programına aktarılmıştır (Şekil 5.2) (Chevrie and Guély,1998).

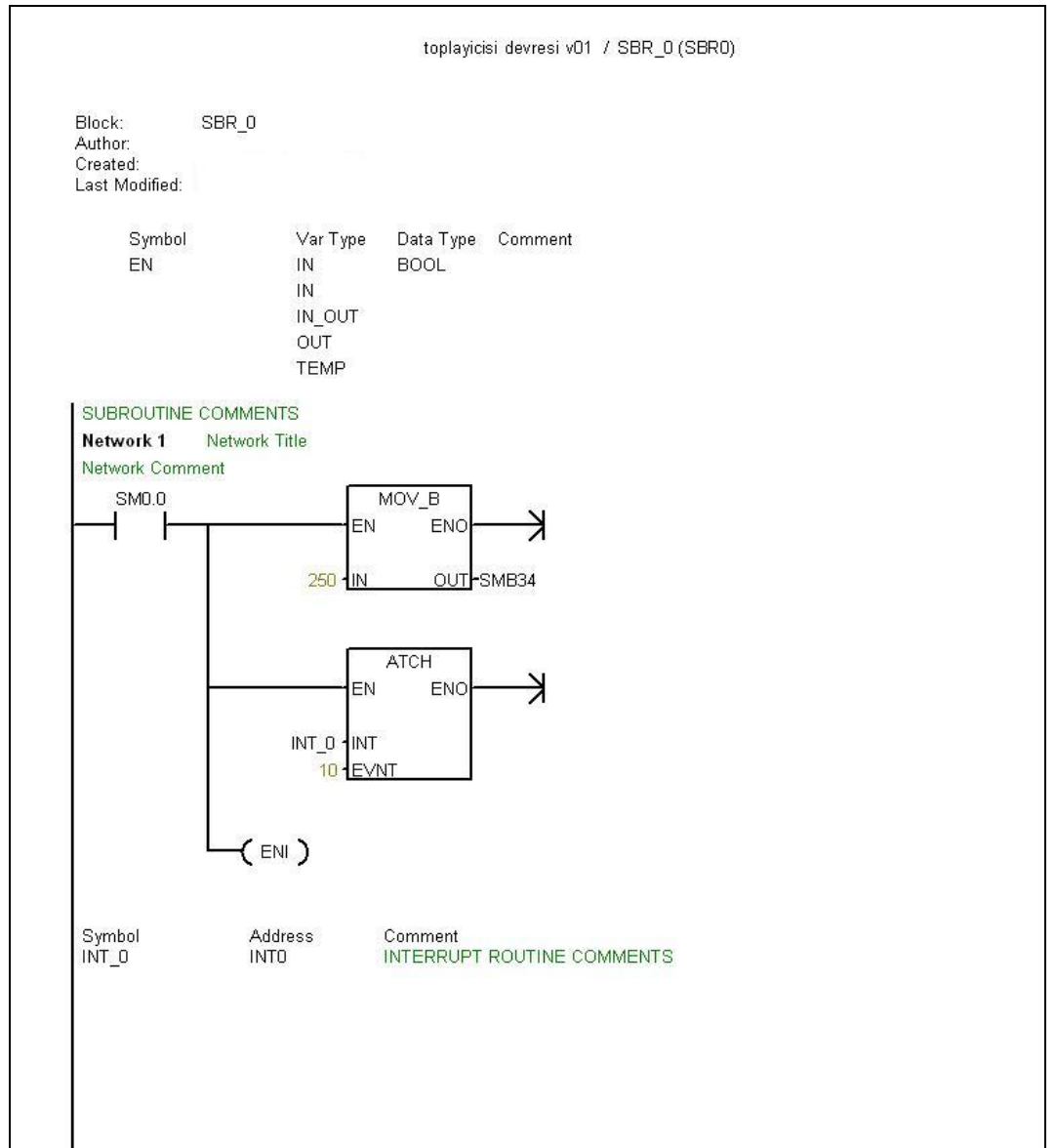


Şekil 5.2 Bisküvi üretimi PLC yazılımı ladder görünümü (Chevrie and Guély, 1998).

Ladder programla yöntemi PLC kod sistemini elektrik devresine benzetmektedir. Bu örnekte de karmaşık parametrelerden uzaklaşmış, sadece üreticinin arzu ettiği pişirme sınır değerleri birer koşul haline getirilmiştir. Koşullar yerine getirildiğinde kontaklar mantık işleyişini tamamlamakta kısım 1 için sıcaklık değerinin uygun olup olmadığına dair sonuç bir röle gibi gösterilmektedir. Bu röle çıktısı da istenen donanım hareketlerine güç katları yardımıyla çevrilir. Üreticinin istediği pişme kontrolünü sağlayacak değerler, bunların bulanık karılıkları ve sonucunda üretilcek karar ise üreticinin bir modülü ile yazılıma aktarılır.

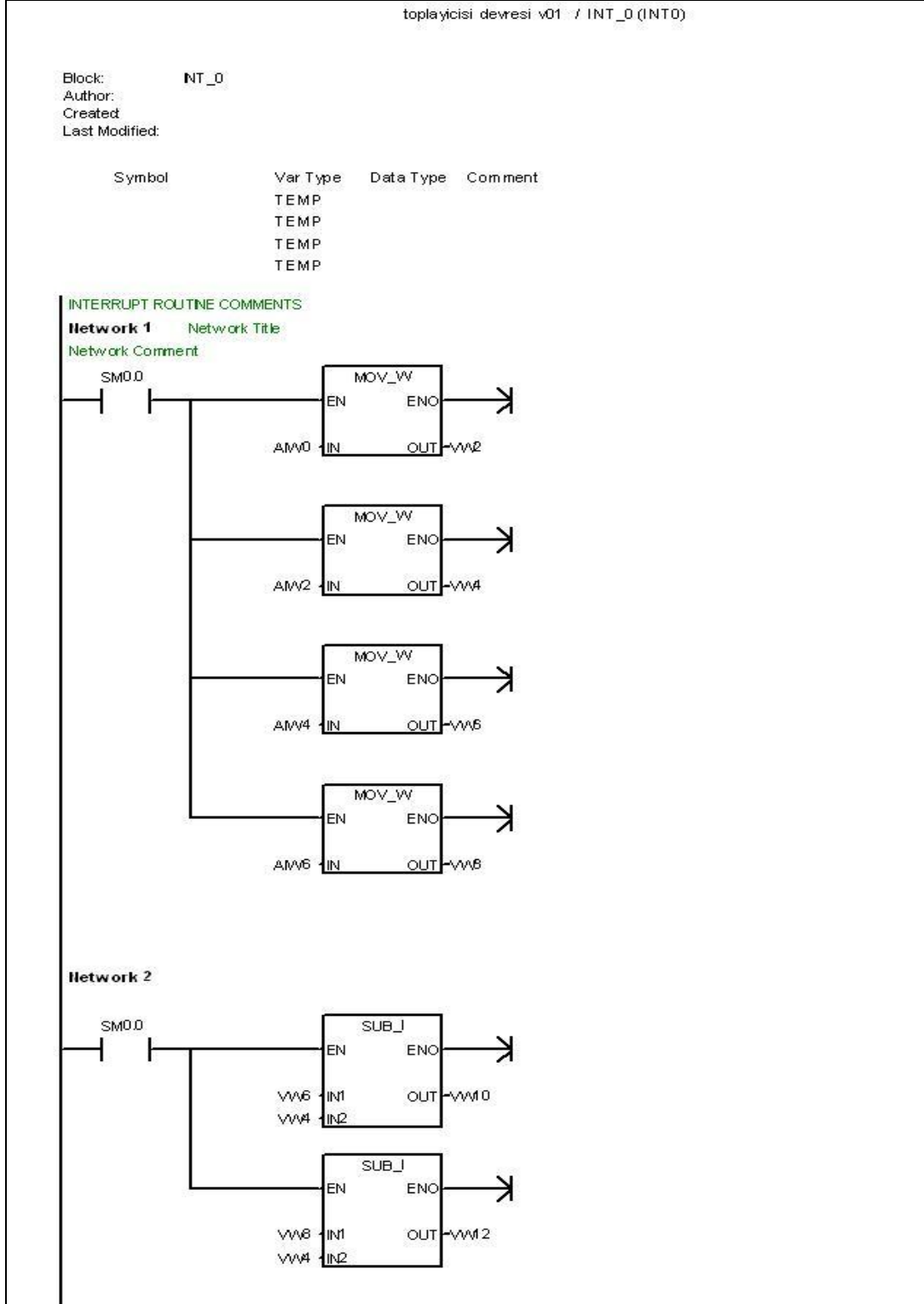
5.3. PLC Programı

Bulanık mantık yaklaşımı için özel komut ve modül içermeyen PLC ler için de dilsel kural tabanına dayalı programlama çalışma kapsamında yapılmıştır.. Şekil 4.19'da verilen bağımsız toplayıcı devresinin Şekil 4.20'de gösterilen algoritmadaki akış şemasını bulanık mantık programlaması ile gerçekleştirecek PLC ladder yazılımı oluşturulmuştur. Burada öncelikle program belirlenen sürede kural tabanına kaynak oluşturacak verileri belli süre aralıklarında tarayıp güncellemektedir (Şekil 5.3).



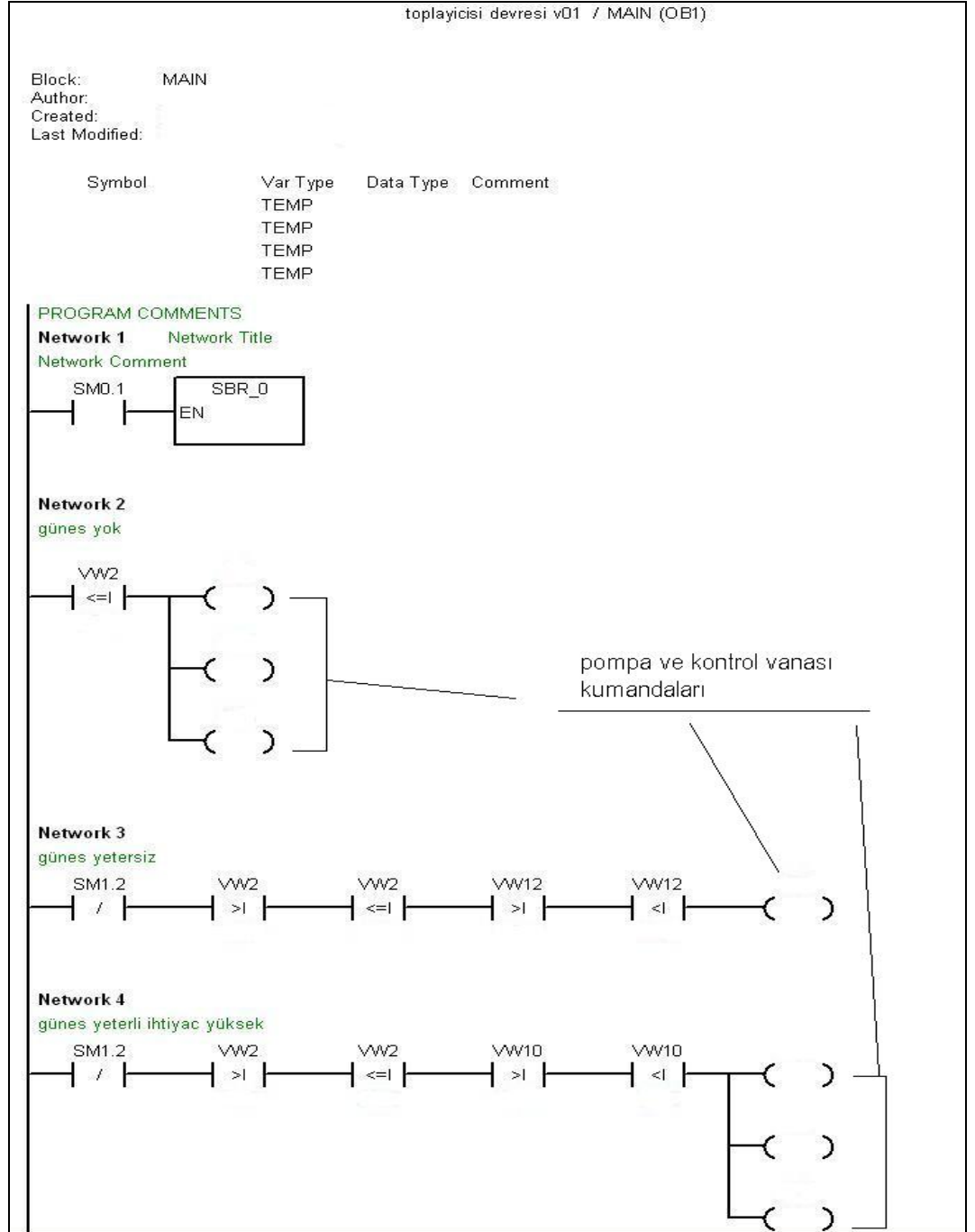
Şekil 5.3 PLC programı tarama sayfası.

Sistemden alınan sayısal veriler ihtiyaç duyulan fark sıcaklık değerlerini bulmak gibi sebeplerle gereken işlemlere tabi tutulur ve yeni birer hafıza yuvasına sonuçlar kaydedilir (Şekil5.4).

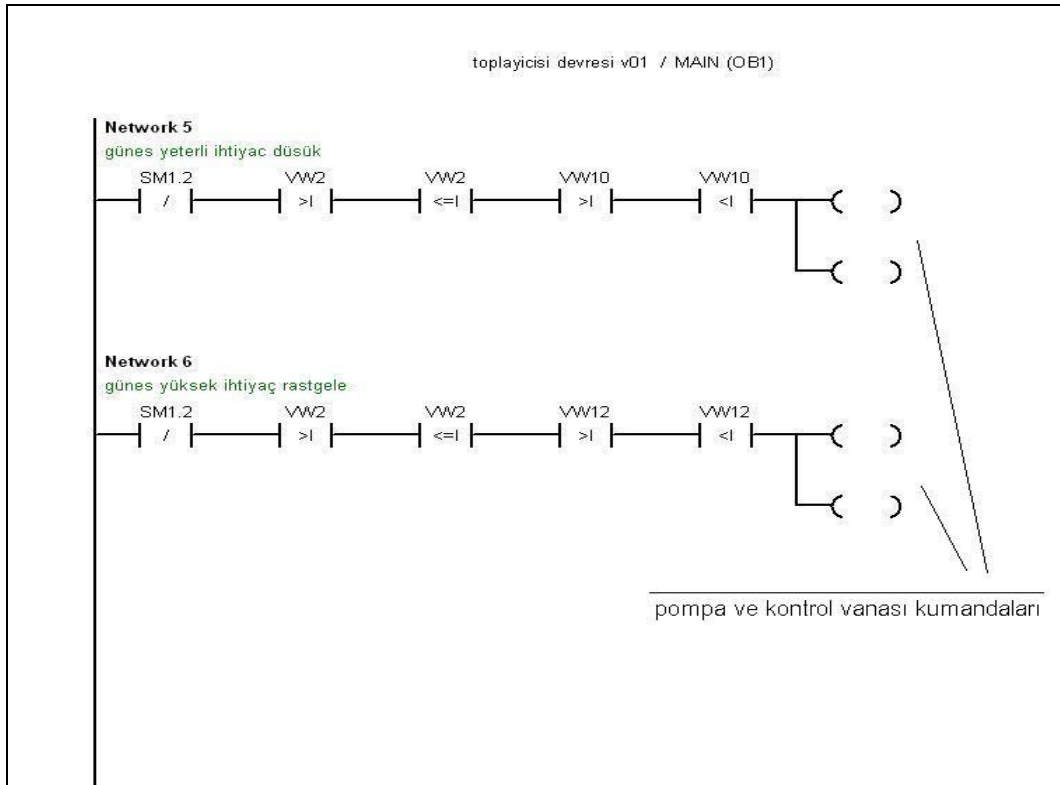


Şekil 5.4 PLC programı işlem sayfası.

Sayısal veriler gerekli şekilde derlenip hafızalandıktan sonra bulanıklaştırma işlemi yapılır. PLC kıyaslama komutları sayısal değerleri daha önceden bulanık ifadeler olarak belirtilmiş değer aralıklarında yerleştirir. Böylelikle her kıyaslamanın yapıldığı satırdan bir sonuç çıkar. Bu sonuç ise PLC'nin çıktı komutları ile durulaştırılmış hale gelir ve elektriksel değer olarak çıkışlara verilir (Şekil 5.5, 5.6).



Şekil 5.5 PLC programı bulanık mantık işlem sayfası.



Şekil 5.6 PLC programı bulanık mantık işlem sayfası.

6. TARTIŞMA

Güneş enerjili ısı sistemlerinin bir bölümü pasif sistemler olarak tasarlanıp kullanılmaktadır. Pasif sistemler de uygun işletme ve iklim tiplerinde doğru ölçeklendirilirse yüksek karşılama oranlarına ulaşabilirler. Ancak her zaman istenen güneşlenme oranları ve iklim şartları altında projelendirme yapılması mümkün değildir. Bu durumda pasif sistemin fiziksel boyutlandırmayla ilgili sınırlarına ulaşıldı ise aktif sistemler değerlendirilmeye başlanır. Aktif sistemler, binalarda kullanılacağı zaman, pasif sistemlere göre daha az yer işgal ederek bir yandan avantaj sağlayacağı gibi diğer yandan elektrik donanımı, hareketli parçalar ve kontrol donanımı gibi eklentilerle maliyetleri hızla yükseltecektir. Fazladan ayrılan mali kaynağın karşılığı da pasif sistemlerde mümkün olmayan çevre ve işletme şartlarında yapılabilirliğin sağlanmasıdır.

Bu çalışma kapsamında da aktif sistemlerden biri olan pompalı sıcak su hazırlama sistemlerinin dezavantajlarından biri olan aktif tesisat elemanlarının ilk yatırımdaki payının arttırılmasına bir miktar izin verilerek bu mali yükten daha fazla enerji kazancı veya buna denk uygulama avantajı sağlanmaya çalışılmıştır.

İyileştirilen sıcak su hazırlayıcı tasarımlarında bugüne kadar kullanılmamış algılayıcı ve kontrol elemanları ile birlikte geleneksel sistemlerin maliyet bilançolarının dışına çıkmıştır. Bir örnekle açıklayabilmek için maliyeti 100 birim olan, pompalı, tek boylere sahip ve bir fark termostatu ile kontrol edilen ev tipi sıcak su hazırlama sistemi ele alalım. Bu sistemde kontrol donanımının maliyeti 10 ile 15 birim arasında olacaktır. Oysa tez kapsamında çalışılan benzer sistemlerde bu maliyet 35-40 birimlere ulaşacak düzeydedir. Ardaki fark daha fazla algılayıcı ve daha karmaşık kontrolcülerden kaynaklanmaktadır. Yatırımdan elde edilebilecek faydanın bir bölümü kullanım suyunun sağlıklı olması ve kullanıcı konforu ile ilgili olduğu için sosyal ölçütler de içermektedir. Bunun dışında, başta pompalarda olmak üzere, enerji tüketiminden elde edilecek kazançlar ise yatırıma kıyasla daha önemli görülebilmektedir.

Bu örnekten alınabilecek 15 ve 40 birim maliyetleri arasındaki fark 25 birim olacaktır. Bu fark yatırım sistemin yönetim modelindeki iyileştirme için değil de toplayıcılar ve boylerler kısmı için harcanırsa 100 birim maliyet içinde 25 birimlik daha büyük ölçüde toplayıcılar ve eşanjörler alınabilmektedir. Bu pasif elemanların

sağlayacağı ek kazanç ise en azından ısıl kazanç boyutunda kontrol modelinin iyileştirilmesinden daha fazla kazanç sağlayabilecektir. Öte yandan sistemin boyutuyla birlikte toplayıcı ve ısı değiştiricisi gibi elemanların sayısı veya büyüklüğü artarsa hesaplamaların sonucu değişecektir. Kontrol elemanlarının ısıl büyüklüklerle ilişkisi olmayacağı için yatırım değerleri sabit kalacak, geleneksel sistemdeki kontrol donanımı ölçüsünde maliyete katılır hale gelmiş olacaklardır. Ancak yinede yüksek maliyetli kontrol donanımına sahip bir sistemin seçilmesi ile ilgili karar, sistemin adapte edileceği işletme türü, sistemden beklentiler, işletmenin bulunduğu coğrafi özellikler gibi parametreler belirlendikten sonra ortaya çıkacaktır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde verimlilik ve konfor artışı sağlamak için bir dizi yeni yöntem kullanılabileceğini göstermek üzere yapılan çalışma, mevcut sistemlerin enerji yönetimi anlayışını değiştirerek önemli ölçüde geliştirilebileceğini ortaya koymuştur.

7.1. Sonuçlar

Bugüne kadar üretilen sistemlerden farklı olarak sistemin daha önce kullanılmamış donanım noktalarından veriler üretmek, yani sistem konumu hakkında daha çok bilgi edinmek, sistem yanıtlarını da geliştirmiştir. Yani sistem yaptığı işin sonuçlarını etkileyecek tüm değişkenleri algılayabilir hale gelmiştir. Bunlarla geleneksel yaklaşımdan farklı sonuçlar üretebilmiştir. Çalışmada tasarlanan sistem tüm depo sıcaklık noktalarını, güneş ışınlamını, tüketim debilerini, şebeke suyu sıcaklığını, çevre sıcaklığını ve zaman bilgisini iklim kontrolü amaçlı okuyabilmektedir. Özetle bu tür enerji sistemlerinin çevre ve insan etkileşimli makineler haline getirilebileceği ortaya konmuştur.

Bir sistemde yapılan işlemlerin sayısı artıp niteliği geliştikçe sistemin işlem yükü artar ve karmaşıklaşır. Bu çalışmada kullanılan dilsel kural tabanına dayalı bulanık mantık yöntemi ise arttırılan fonksiyon sayısı, kısaltılan yanıt süresi ve etkinlik artışına rağmen aynı sistemi gerçekleyebilecek geleneksel bir sayısal kontrol yönteminden daha basit bir yazılım ve düşük donanım gereksinimleri ile ortaya konmuştur. Kurgulanan kontrol döngüsünde ise bazı uygulamaların sayısal yöntemlerle yapılamayacağı da anlaşılmıştır.

Geleneksel sistemlerle de bir kıyaslama yapıldığında bazı ortak ölçme noktalarının geleneksel sistemlerde sadece bağımsız bir nokta için kullanılmaktayken, çalışma kapsamında sistemin bir bölümündeki bilginin diğer bir taraftaki başka bir süreç için de gerekli olabileceği ortaya çıkmıştır. Bu yüzden geliştirilen tek merkezli kontrol sistemi beklentileri tam olarak karşılamıştır.

7.2. Öneriler

Çalışma sonucunda tasarlanan sistem üzerinde birçok algılayıcı bulunmaktadır. Kontrol için kullanılan PLC de bir elektrik panosunu ve yanında bazı yardımcı elektriksel elemanları gerekmektedir. Kullanıcıya sunulacak komutlar için ekran, kablolar ve iletişim arabirimleri de eklenecektir. Ayrıca ek ısıtıcıların da tasarlanan kontrol modeline katılabilmesi için bazı uygunlaştırıcı devreler gerekecektir. Her ne kadar burada tasarlanan sistem ayrı ayrı satın alınan pahalı sayılacak donanımlar ile teşkil edilebilecek olsa da sistemin bütün olarak seri üretime dâhil edilmiş elemanlarla yapımında da bazı maliyet artışları söz konusu olacaktır. Öyle ki düşük maliyetli giriş tipi bir sisteme bu kontrol donanımı eklenirse sistem fiyatı 1,5 ile 3 kat arasında yükselebilecektir. Bu da yüksek başlangıç yatırımının yanında elde edilen işletme gideri avantajlarını önemsiz kılacaktır. Konfor kazanımları ise sistemin artan arıza riskleri yanında vazgeçilebilir görülmektedir.

Sistem başarısı için en uygun işletme tipi araştırıldığında, büyük ölçekli sistemlerin kullanıldığı işletmeler dikkat çekmektedir. Donanım kapasitelerindeki sayısal büyümenin algılayıcı ve kontrol ünitelerinde bir önemli bir değişiklik gerektirmediği gözlenmiştir. Bu nedenle artan sistem maliyetinin yanında öngörülen kontrol donanımı maliyet artışı önemsiz kalacaktır. Diğer yandan sistemde kullanılacak büyük pompa gruplarından ve ilave ısıtıcılardan elde edilecek enerji tasarrufu çok daha önemli boyutlara ulaşacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Altaş, İ. H.**, 1999, Bulanık Mantık : Bulanık Denetim, Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e, 64: 76-81
- Astrom, K. J. and Wittenmark B.**, 1997, Computer-Controlled Systems, Prentice Hall, 569p
- British Pump Manufacturers Association**, 2002, Variable Speed Driven Pumps, 47p
- Burns, R. S.**, 2001, Advanced Control Engineering, Butterworth-Heinemann, 464
- Butti, K. and Perlin, J.**, 1980, a Golden Thread, Cheshire Books 289p
- Chevrie, F. and Guély F.**, 1998, Fuzzy logic, Collection Technique, 191
- Ciliz, M. K.**, 2005, Rule base reduction for knowledge-based fuzzy controllers with application to a vacuum cleaner, Expert Systems with Applications, 28: 175–184
- Duffie, J. A. and Beckman, W.A.**, 1991, Solar Engineering of Thermal Processes, 2nd Ed., John Wiley & Sons, Inc., USA, 919p.
- Eicker, U.**, 2003, Solar Technologies for Buildings, Jhon Wiley & Sons Ltd, 323p
- Jantzen, J.**, 1998, Design Of Fuzzy Controllers, Design, 98-E 864
- Kalogirou, S. A.**, 2004, Solar Thermal Collectors and Applications, Progress in Energy and Combustion Science, 30:231-295
- Kreider, J. F., Hoogendoorn, C. J. and Kreith, F.**, 1989, Solar Design, Hemisphere Publishing Corporation, 464p
- Peuser, F. A., Remmers K. and Schnauss M.**, 2004, Solar Termik Sistemler, Solarpraxis AG, 244p
- Rubio, F. R., Camacho, E. F. and Gordillo, F.**, 1999, Techniques And Applications Of Fuzzy Logic Control Of Solar Power Plants, Fuzzy Theory Systems: Techniques and Application, Vol. 2
- Steutermann, E. M.**, 1984, Solar Heat Collector Control Device, United States Patent
- Tiwari, G.N.**, 2004, Solar Energy, Narosa Publishing House, 525p

- Lacroix, M.**, 1999, Electric water heater designs for load shifting and control of bacterial contamination, Energy Conversion & Management 40 1313-1340
- Hitchings, M.**, 1999, Distance and Tracking Control for Autonomous Vehicles. Mphil Chapter, Griffith University.
- Pedrycz, W.**, 1998, Fuzzy set technology in knowledge discovery, Fuzzy Sets and Systems, 279-290
- Askerzade, L.**, 1965, Fuzzy Sets, Information and Control, 358-353

ÖZGEÇMİŞ

04.08.1980 tarihinde İzmir’de doğdu. 1998 yılında Çınarlı Anadolu Teknik Lisesi Elektronik Bölümünü bitirdi. Lisans öğrenimini Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Tesisat Öğretmenliği Programında 2004 yılında tamamladı. 2006 yılına kadar çeşitli sanayi kuruluşlarında çalıştı. 2006 yılından itibaren Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir Meslek Yüksekokulu Yapı Tesisat Teknolojisi Programında öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.