



Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Journal of Engineering Sciences



Merkezi Isıtma Sistemlerinde Verimi Artırmak İçin Dinamik Kontrol ve Otomasyon Uygulaması

Dynamic Control and Automation Application to Increase the Efficiency in Central Heating Systems

¹Ramazan SOLMAZ*, ²Ahmet ALKAN

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, FBE, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği AD, Kahramanmaraş, Türkiye

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Ramazan SOLMAZ, rsolmaz23@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada, merkezi ısı santrallerinde enerjiden tasarruf etmek ve kullanılan enerjiden tam fayda sağlamak için dinamik kontrol ve otomasyon uygulaması gerçekleştirilmiştir. İlk olarak merkezi ısıtma sisteminin kumanda ve denetimini yapabilmek için gerekli tüm alt yapı hazırlanmıştır. Daha sonra sistemi kontrol edecek otomasyon programı otomatik ve manuel konum olmak üzere iki şekilde tasarlanmıştır. Manuel konumda sisteme istenildiği gibi müdahale edilebilmektedir. Otomatik konumda ise merkezi ısıtma sisteminin sistem bilgisayarı tarafından dinamik kontrolü yapılmaktadır. Kontrol için eşanjörlerin gidiş-dönüş suyu sıcaklıkları, hatların basınç bilgileri, sirkülasyon pompaları çalışma bilgileri, motorlu vana bilgileri, genişleme tankları basınç bilgileri, sıvı seviye, sıvı akış bilgileri ve dış hava sıcaklığı bilgisi kullanılmıştır. Kontrol ekipmanlarında PID denetleyici, set değerleri ve bekleme zamanını belirlemede eğri uydurma metotları kullanılmıştır. Merkezi ısı santralleri için yeniliklere sahip olan çalışmamız ile önemli ölçüde tasarruf hedeflenmiş olup, yapılan gözlem ve ölçümlerde sistemin veriminin arttığı görülmüştür. Önerilen bu uygulamanın yaygınlaşması, enerji ihtiyacı her geçen gün artan ülkemizin doğal gazla olan bağımlılığını azaltarak ekonomiye katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Merkezi ısıtma sistemi, Dinamik kontrol, Otomasyon, PLC, PID.

ABSTRACT

In this study, dynamic control and automation that can be used to save and ensure the full benefit from the energy used in central heating plants application has been realized. To be able to control in central heating system with the proposed technique, all the necessary infrastructure were prepared. Then the system controlled with the designed automation program. The program has been prepared for automatic and manual control mode. In automatic mode, the central heating systems are controlled by the computer system dynamically. The following information were used for the control as a control input parameters. Heat exchanger return trip water temperature data, lines' pressure information, circulation pumps work information, motorized valve information, expansion tank pressure information, fluid level information, fluid flow of information and knowledge outside air temperature. PID controllers were used in all control equipment parts. Curve fitting methods were employed to determine set values and the waiting time. The realized application has a novelty in central heating applications if the proposed system is taken as whole with different aspects. Application of the proposed system provides considerable energy saving, and the results showed that the system increases the efficiency of the heating system. The widespread usage spread of the system on heating applications will reduce our dependence on gas imports and will make a great contribution to economy.

Keywords: Central heating system, Dynamic control, Automation, PLC, PID.

1. GİRİŞ

Ülkemizde yerli enerji kaynaklarının yetersizliğinden dolayı, giderek artan enerji talebini karşılamak için farklı türlerde enerji ithalatı yapılmaktadır. 2012 yılında ülkemizin birincil enerji talebi içerisinde doğal gazın payı %32'dir. Elektrik enerjisinin %41'i doğal gazdan üretilmektedir. Doğal gazın tamamına yakını ise ithal edilmektedir [URL-8]. Bu durum ülkemiz ekonomisini birçok yönden olumsuz etkilemekte ve enerji alanında dışa bağımlılığı artırmaktadır. Enerji açığının azaltılması için en önemli etkenlerden biri enerjiyi verimli kullanmaktır. Yani tüketilen enerjinin tam faydaya dönüşmesini sağlamaktır. Bu çalışmamızda merkezi ısı santralleri için dizayn edilecek ve uygulanacak dinamik kontrol ve otomasyon sistemi ile tüketilen enerjiden yüksek verim hedeflenmiştir. Ayrıca insan faktörü minimize edilerek ısı ihtiyacına göre çalışan bu sistem sayesinde önemli ölçüde tasarruf amaçlanmıştır. Bunu gerçekleştirmek için yeni bir otomasyon programı tasarımı yapılmıştır. Sistemin nasıl çalışacağını programlamak için şekil 1'deki merkezi ısı santrali üç ısıtma dönemi boyunca analiz edilmiştir.



Şekil 1. Isı santrali

2. METOT

Bu çalışmada kontrolör olarak PID, istenen set değerleri ve bekleme zamanını elde etmek için eğri uydurma yöntemleri kullanılmıştır. Metotlar literatürde yaygın olarak bulunabileceğinden, ayrıntılı matematiksel anlatımlarına yer verilmemiş, özet bilgiler sunulmuştur.

2.1. PID Kontrolör

PID (Proportional-Integral-Derivative) kontrolör oransal, türevsel ve integral kontrolörlerin birleşmesiyle oluşur. Kapalı çevrim PID kontrol sistemleri gerçekleştirme basitliği ve etkin kontrol yeteneği sayesinde endüstri uygulamalarında çokça tercih edilmektedir [Alagöz ve ark 2013, URL-1, URL-2, Yılmaz ve ark. 1997, Ural ve Boz 2002, Yazıcı ve Özdemir 2017]. PID kontrolörün tasarımının kolay, maliyetinin düşük, verimli ve birçok ihtiyaca cevap verebilmesinden dolayı endüstrideki uygulamalarının 3/4'ünde kullanılmaktadır. PID algoritmalarının farklı versiyonları bulunmaktadır. Eşitlik 1'deki algoritma bunlardan bir tanesidir.

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

$$e(t) = r(t) - y(t) \quad (2)$$

$u(t)$: Kontrol etkisi

$e(t)$: Hata fonksiyonu

$r(t)$: Referans girdisi

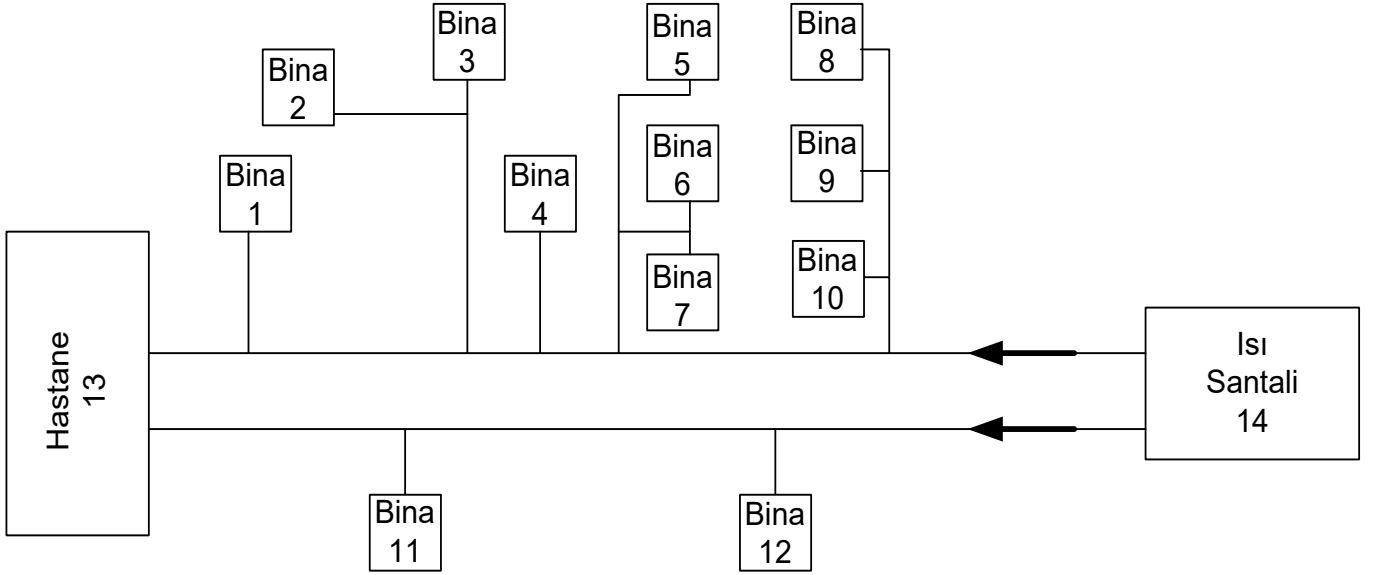
$y(t)$: Sistem çıktısını ifade etmektedir.

PID parametrelerini ayarlamak için birçok yöntem kullanılabilir. Burada elle ayarlama veya parametrelerin hesaplanması (Ziegler-Nichols) yöntemi kullanılacaktır [Alagöz ve ark 2013, URL-1, URL-2, Yılmaz ve ark. 1997, Ural ve Boz 2002, Yazıcı ve Özdemir 2017].

2.2. En Küçük Kareler Metodu İle En Uygun Eğri (Polinom) Uydurma

Eğri uydurma işlemi (curve-fitting) gözlem, ölçüm, deney ya da istatistiksel olarak bilinen x_i, y_i şeklindeki bir grup veriyi ara değerleri ile birlikte ifade edebilecek bir polinom bulma işlemi veya verilerin değerlendirilmesi ve yorumlanmasını basitleştirmek için kullanılan bir metottur [URL-2, Topçu 2014, Altıntaş 2004, URL-3, Horosanlı 2005, Engiz ve ark. 2014].

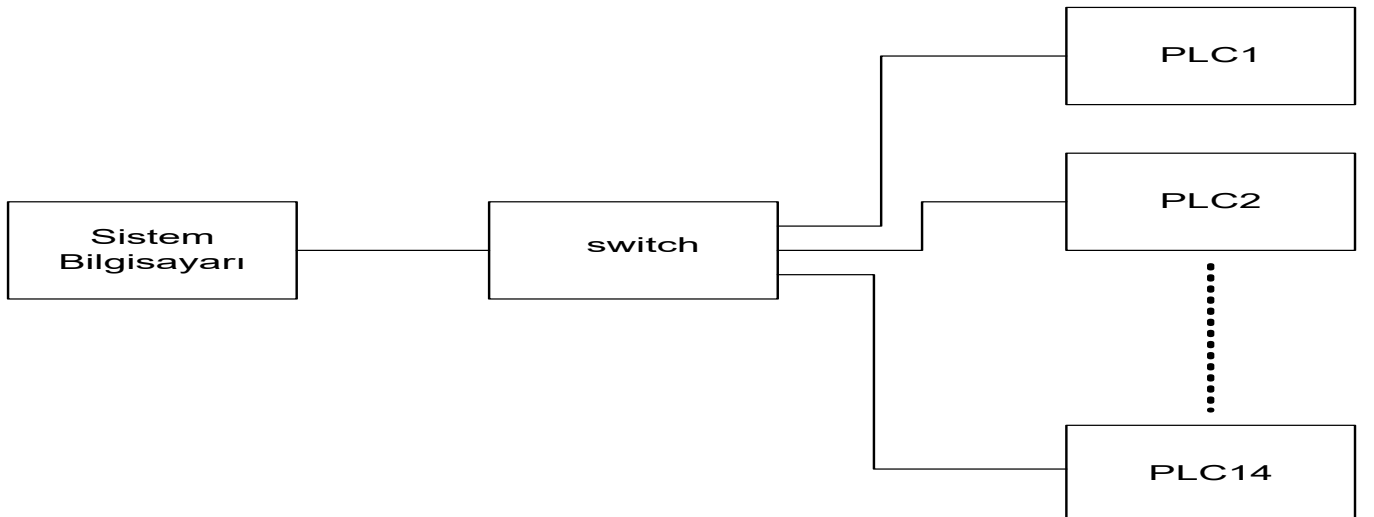
3. UYGULAMA



Şekil 2. Merkezi sistem şeması

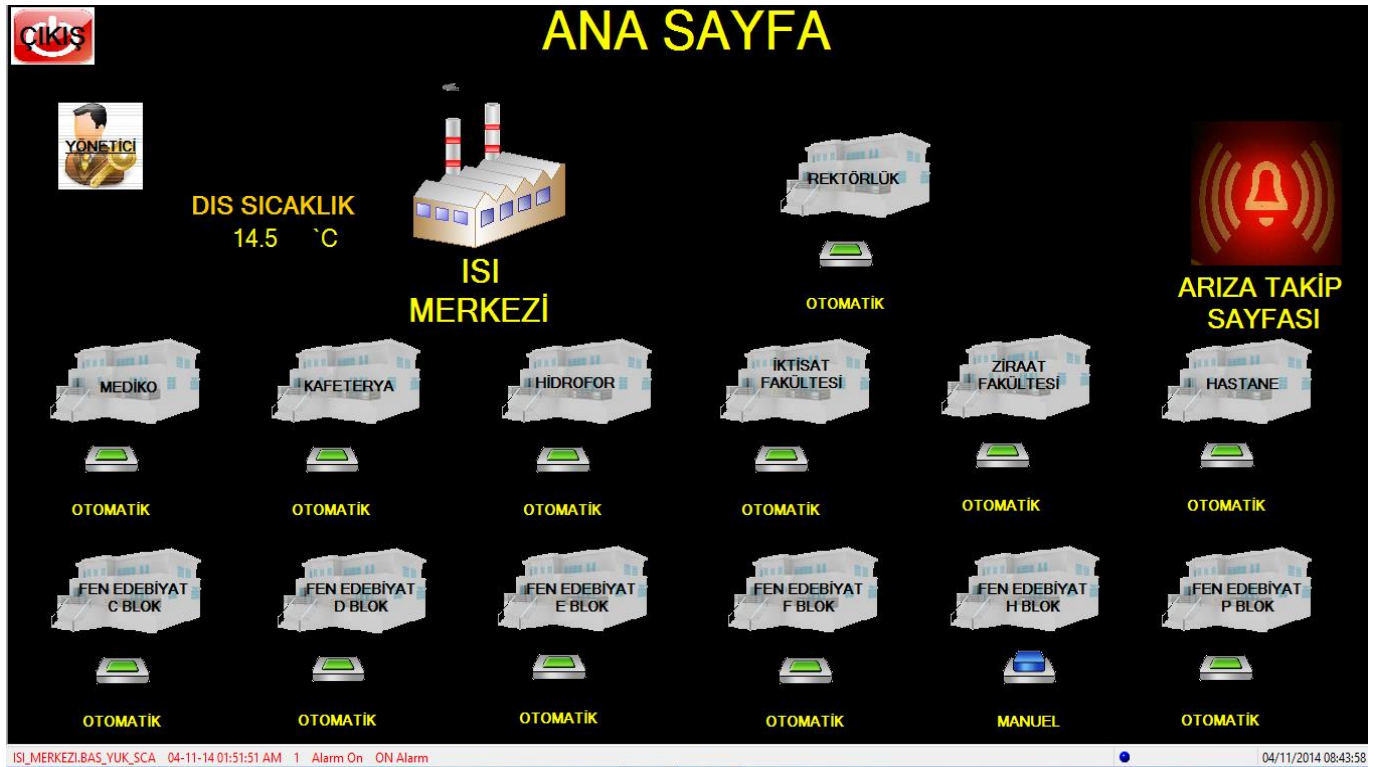
3.1. Otomasyon Sistemi

Otomasyon sistemi, merkezi ısı santralinde olmak üzere scada programı kurulu olan bilgisayar tarafından kontrol edilmektedir. Otomasyon sisteminde iletişimi sağlamak için yerleşkede bulunan 13 bina ile ısı santrali arasında fiber optik kablo kullanılarak şekil 3'teki gibi yerel ağ kurulmuştur (8, 9, 10 nolu binalar 2014-2015 ısıtma sezonunda devreye alınmıştır). Her binanın eşanjörünün bulunduğu noktaya PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici, Programmable Logic Controller) yerleştirilmiştir. Bu PLC'ler o binanın ihtiyacına göre tasarlanmıştır. PLC'lerin içeriği, analog giriş-çıkış dijital giriş-çıkış için gerekli modüller binada kontrol edilecek eşanjörler, motorlar ve boylerlerin sayısına göre tespit edilmiştir. PLC'ler ısı santralinde bulunan sistem bilgisayarı ile haberleştirilerek bina ısıtma sistemi için gerekli PT100'ler, PT1000'ler, basınç sensörleri, motorlu vanalar, sirkülasyon motorlarını çalıştırma, durdurma, çalıştı ve arıza bilgileri için gerekli tüm bağlantıları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Otomasyon sistemi için yerel ağ yapısı

Scada sistemi (Supervisory Control And Data Acquisition, Denetleme Kontrol ve Veri Toplama Sistemi “ veya “Uzaktan Kontrol ve Gözleme Sistemi) ile ön görülen dinamik kontrol için otomasyon programı şekil 4’teki gibi tasarlanıp sistem bilgisayarına kurulmuştur. Program, yönetici ve normal kullanıcı olarak iki seviyeli kullanılabilir. Yönetici sayfası şifreli olup emniyet ve otomatik kontrol için gerekli set değerlerinin atandığı sayfadır.



Şekil 4. Scada ara yüz ile otomasyon sisteminin görünümü

3.2. Emniyet Tedbirleri

Santralde kullanılan kazanlar ve brülörlerin kendi emniyet zinciri mevcut olup, anormal koşullarda kazanlar ve brülörler kapanarak sadece kendilerini korumaktadırlar. Bu uygulamamızda tüm sistem için basınç, sıcaklık, akış ve seviye sensörleri kullanılarak çeşitli emniyet tedbirleri alındı. Isı santrali için dönüş kolektörü, genleşme tankları, sirkülasyon pompası çıkışındaki basınç bilgileri, sıcaklık bilgileri ile sıvı akış bilgileri kullanılmıştır. Dönüş kolektöründen alınan basınç bilgisi ile sistemde yeterli kadar su veya basıncın istenilen seviyede olmaması halinde pompalara çalışma izni verilmemesi ve çalışma sürecinde anormal bir durumda sistem basıncı set edilen değer altına düştüğünde sistem kapanacaktır. Bu tedbir ile sistemin susuz çalışmaması hedeflenmiştir. Pompaların çıkışında bulunan basınç sensörleri ile hattın su basıncı kontrol edilmektedir.

Genleşme tanklarından alınan basınç bilgisi ile sistemin basınç dengelemesi sağlanmıştır. Burada üç set değeri belirtilmiştir. Birinci set değeri, düşük basınçta genleşme tankına azot girişi sağlayarak basınç istenilen değere gelince durdurmaktadır. Böylece sistemin basıncı istenilen seviyede tutularak sabit basınç değerinde çalışması sağlanmaktadır. İkinci set değeri, kızgın su ile çalışan sistemde ısınma sonucu meydana gelecek yüksek basıncı önlemek için birinci devredeki kızgın suyu besleme tankına geri göndererek sistemin aşırı basıncını dengelenmektedir. Kızgın sulu sistemlerde ısıtma suyunun pH değeri 8,2 ile 9,5 arasında ve saf olması sistemin sağlıklı ve uzun ömürlü olmasını sağlar [URL-7]. İkinci set değeri sistem için ideal olan su ile genleşme görevini gören azotun korunması ve tasarrufuna yöneliktir. Üçüncü set değeri ise önü alınmaz aşırı basınçlarda azot tahliye edilerek sistemin basıncı istenilen sınırlarda tutulup sistem ekipmanlarının aşırı basınçtan zarar görmesini veya muhtemel patlamaların engellenmesine yöneliktir. Aynı zamanda sistemin kapanmasını sağlayarak ve ısıtmayı durdurmaktadır.

Akış sensörü, pompalar çalışınca suyun akışının istenilen debiye ulaşmasıyla brülörlere çalışma izni şartlarından biri sağlanmış olacaktır. Eğer akış sensörü açık devre ise veya yeterli kadar akış yok ise brülörlere çalışma izni verilmeyecektir.

Genleşme tankındaki azot-su oranı, sıvı seviye göstergesinden alınan bilgiler ile sistem bilgisayarında görsel ve alarm şeklinde işlenmiştir.

Kazanların çıkışında bulunan PT100’lerden alınan bilgi ile brülörün oransal kontrolü yapılmakta ve kazan çıkış sıcaklık değeri ayarlanan set değerini aşınca brülör kapatılmaktadır.

Binalarda bulunan eşanjörün birinci ve ikinci devresinde birer basınç sensörü kullanılmıştır. Birinci devredeki sensör bilgi amaçlı olup kızgın suyun binadaki basınç seviyesini göstermektedir. Bu bilgi sistemin kızgın su sirkülasyonunda kullanılmaktadır. İkinci devre basınç sensörü bina suyunun basıncını göstermektedir. Binayı ısıtan suyun basınç değeri, bina içi belirlenen set değerinin altına düştüğünde ikinci devre motorlarını durdurarak ikinci kısmın susuz çalışmasını önlemektedir. Aynı zamanda aşırı basınçta sistem bilgisayarına arıza bilgisi göndermektedir.

Eşanjör ikinci devresindeki bina gidiş yönünde bulunan PT100 ile üç yollu motorlu vana kontrol edilmektedir. Binaya giden sıcak suyun derecesi yasal sınır olan 90 °C'nin altında tutularak koruma önlemi alınmıştır. Bu elektronik önlemlerin yanı sıra mekanik emniyet ventilleri ile de tedbir alınmıştır.

3.3. Dinamik Kontrol



Şekil 5. Isı santrali scada ara yüz görünümü

Şekil 1 ve 5'te görüldüğü üzere ısı santralinde dört adet kazan ve 8 adet sirkülasyon pompası bulunmaktadır. Brülörlerin fan motoru gücü 22kW ve her bir sirkülasyon pompası 45kW'tır. Otomasyon ile kontrol edilen binaların ısınmasını sağlayacak 14 noktada eşanjörler, sirkülasyon pompaları ve boylerler bulunmaktadır.

Isı santralinde bulunan sirkülasyon pompaları ve brülör fan motorları verimini artırmak, tam otomatik kontrol ve istenilen kapasite değerinde çalıştırmak için invertör montajı yapılmıştır.

Motorlar invertör ile sürülerek olumsuz koşullar elimine edilmiş olup sistem verimli bir şekilde çalıştırılmaktadır. Bunun en önemli göstergelerinden olan oksijen yanma oranı, baca gazı analizi yapan O₂ trimlerinden okunan oksijen değerleri %3,5 'den %2,5 seviyelerine kadar inerek daha iyi bir yanma gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Aynı zamanda brülör yanma değerlerinin uzun süre ideal koşullarda olduğu gözlemlenmiştir.

Birinci devre sirkülasyon pompaları otomatik ve manuel olmak üzere iki şekilde çalıştırılmaktadır. Manuel olarak pompalar istenilen kapasitede bağımsız çalıştırılabilir. Otomatik seçeneğinde ise pompalar dinamik çalışacak şekilde programlanmıştır. Sistemin birinci devre basınç bilgilerinin anlık değerlerine göre sirkülasyon pompaları çalıştırılmaktadır. Uygulamadan önce yıldız-üçgen yol verme yöntemi ile çalışan ısıtma sistemi kızgın su sirkülasyon pompalarının invertörlerle çalıştırılması sistemin oransal, sağlıklı ve verimli çalışmasını sağlamıştır. Pompalar frekans değiştirici ile çalıştırılması yol alma esnasında kalkınma akımı ve durdurma esnasında meydana gelen koç darbeleri elimine edilmiştir.

Pompalar kuzey ve güney hat basınç bilgisine göre PID denetleyici ile kontrol edilmektedir. Bu sistemde optimum kontrol için PID katsayıları K_p 30, K_i 15 ve K_d 10 olarak ayarlanmıştır. Tasarlanan programda sistem basıncının referans değere ulaşması için ilk önce bir pompa çalıştırılarak tam kapasiteye ulaştırılır. Eğer set değerine ulaşılamazsa 1 dakika sonra ikinci pompa devreye alınarak kapasitesi artırılır. Yine de set değerine ulaşılamazsa 1 dakika sonra üçüncü pompa ve daha sonra

dördüncü pompa devreye alınarak istenilen set değeri elde edilir. Bölümlerin kapanmasıyla yükselen basınç değerini düşürmek için aynı şekilde pompalar birer birer kapasitesi düşürülerek kapatılır.

Pompalar su sirkülasyonu olacak şekilde hat sonu ile en yüksek binanın birinci devre basınç bilgisi göz önünde bulundurularak, her hat için set edilen değere göre çalıştırılmaktadır. Bölümlerin devreye alınması veya çıkartılması, hat sonunda bulunan hastane binası hariç diğer binaların kızgın su girişini ayarlayan üç yollu motorlu vanaların karıştırıcı olarak kullanılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Böylece set edilen ısı değerine ulaşan binaların üç yollu motorlu vanaları kapatıldığında hat basıncı yükselecek ve basınç değerine göre çalışacak pompaların kapasitesinin düşürülmesi veya devreden çıkması sağlanmıştır. İhtiyaç olmadığı zamanlarda pompaların kapasitesi düşürülerek veya devreden çıkartılarak hem tasarruf edilmekte hem de stabil bir sirkülasyon sağlanmaktadır.

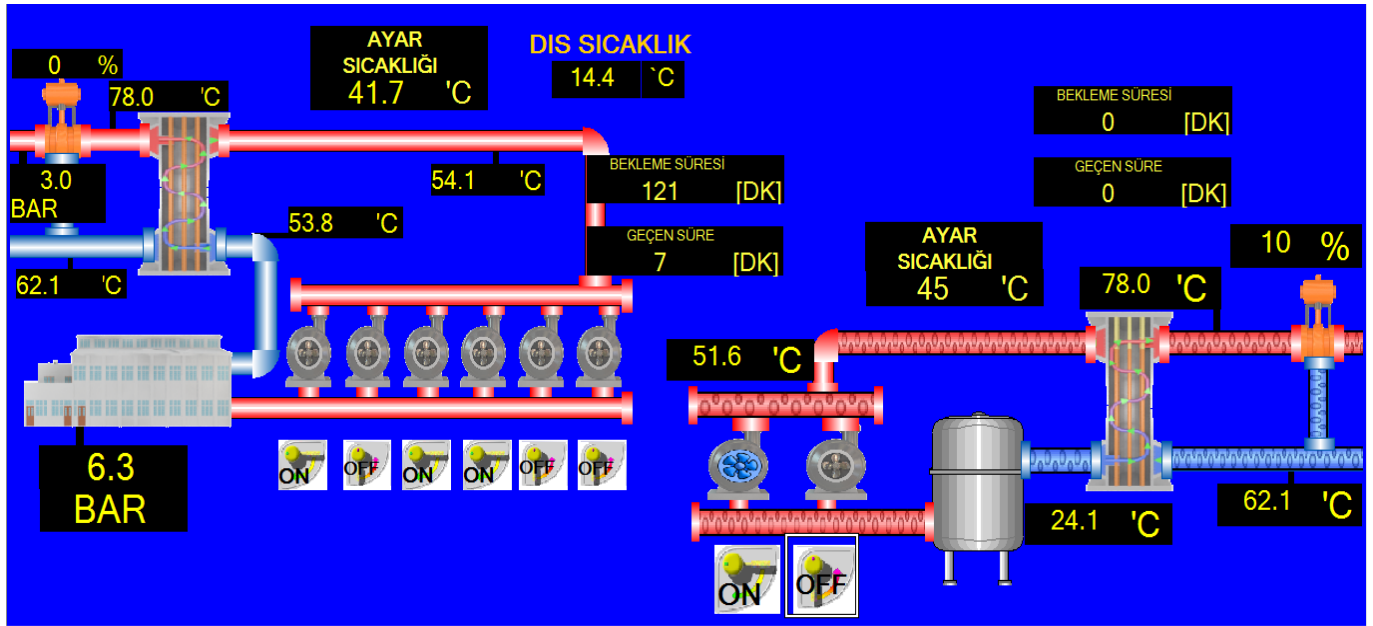
Pompaların nominal devri 2960 d/dk olup, aşırı ısınmalarını engellemek için en düşük 1000 d/dk'da çalıştırılmaktadır [URL-6]. Pompaları güvenli ve verimli bölgede çalıştırmak için pompalardan birini tam kapasitede diğerini de en düşük kapasitede çalıştırmak yerine; birincinin kapasitesi düşürülüp ikinci pompanın kapasitesi artırmak suretiyle birinci pompa aşırı yükten kurtarılmış, ikinci pompanın devri artırılmış olup ikinci pompanın soğutma sisteminin daha iyi çalışması sağlanmıştır. Aynı zamanda anlık yük çalışan pompalara eşit dağıtılmaktadır.

Tüm pompalar scada programı ile eşit yaşlanma esasına göre çalıştırılmakta olup pompaların çabuk yıpranmaması hedeflenmiştir. Çalışan pompalar yönetici tarafından set edilen zaman kadar çalıştıktan sonra otomatik olarak değiştirilmektedir.



Şekil 6. Eşanjör ve bina içi sirkülasyon pompaları

Binalarda bulunan eşanjörlerin (örnek şekil 6) kontrolü ısı santralinden yapılmaktadır. Kontrol için şekil 7 de görüldüğü üzere ısı santralinden binaya giden kızgın su hattı gidiş-dönüş sıcaklığı, hat basıncı, üç yollu motorlu vana, bina gidiş-dönüş suyu sıcaklığı ve bina su basınç bilgileri ile dış hava sıcaklık bilgisi kullanılmaktadır.



Şekil 7. Binaların ve boilerlerin sıcaklık kontrolü

Üç yollu motorlu vana manuel ve otomatik olarak iki konumda kontrol edilmektedir. Manuel konumda operatör tarafından girilen ayar sıcaklığına göre üç yollu motorlu vanalar PID denetleyici ile oransal kontrol edilmektedir. Bu sistemde en iyi kontrol için PID katsayıları K_p 450, K_i 160 ve K_d 18 olarak tespit edilmiştir. Burada üç yollu motorlu vanalar, binaya giden suyun sıcaklığını set edilen dereceye ulaşması için eşanjöre giren kızgın su miktarını ayarlamakta ve sürekli set edilen değerde binaya sıcak su verilmektedir.

Bu sistemde dinamik kontrolü sağlamak için dış hava sıcaklığına bağlı olarak belirlenmesi gereken set değeri, en küçük kareler yöntemi ile en uygun eğri uydurularak belirlenmektedir. Set değeri bir dakika ara ile güncellenmektedir. Böylece mahal anlık hava sıcaklığına bağlı olarak ısıtılmaktadır. Üç yollu motorlu vanalar bu set değerine göre binaya sıcak su vermektedir.

Dış hava sıcaklığına karşılık gelen eşanjör sıcaklık set değerleri tabloda sabit aralıklı olup, eğri uydurma yöntemi ile ara değerler için set değerleri hesaplanmıştır. Burada eğri uydurulurken dış hava sıcaklığına göre eşanjör çıkış sıcaklığının ayarlanması için Kahramanmaraş'ın bulunduğu beşinci bölge verileri kullanılmıştır. Eğri uydurmada birinci, ikinci ve üçüncü dereceden denklemin kökleri bulunup tabloda yer alan veriler ile test edilmiştir. En iyi değeri veren eşitlik 3'teki birinci dereceden denklem kökleri kullanılmıştır.

$$y = -2,1339x + 71,6055 \quad (3)$$

y: Üç yollu vana için gerekli set değeri

x: Dış hava sıcaklığı

Tasarruf amacıyla tasarlanan programın temel mantığı kısaca şu şekildedir: Bina otomatik konuma alındıktan sonra kullanıcının herhangi bir pompaya çalışma izni vermesiyle pompa ve üç yollu motorlu vana çalışmaktadır. Çalıştırılan bina için belirlenen ilk çalışma zamanı kadar sistem çalışmaktadır. Bu süre binanın iç tesisatındaki su sıcaklığını dengelemek amacıyla uygulanmaktadır. Böylece eşanjöre yakın olan bina gidiş ve dönüş PT100'lerin aynı sıcaklığı okumasıyla sistemin direk kapanmasının önüne geçilmiştir. Aynı zamanda binanın ortalama sıcaklık bilgisi sistem tarafından doğru olarak okunmaktadır. Belirtilen süre sonunda binaya giden ve bina dönüş suyu sıcaklıkları farkı belirtilen set değerinden büyük ise bina ısıtılmaya devam edilmektedir. Eğer küçük veya eşit olursa bina sirkülasyon pompaları ve üç yollu motorlu vana kapatılacaktır. Her bina için gidiş-dönüş sıcaklık set değeri ayrı ayrı belirlenecek şekilde tasarım yapılmıştır. İlgili binanın ısıtma sisteminin tekrar çalışması için yine eğri uydurma yöntemi ile dış hava sıcaklığına bağlı olarak hesaplanan zaman (dakika) kadar sistem kapalı kaldıktan sonra çalışacaktır. Tekrar çalışan sistem yukarıdaki işlemleri uygulamaktadır. Kullanıcının ilgili binanın pompalarının tamamını kapatması halinde sistem durmaktadır. Bekleme süresi için üçüncü dereceden denklem kökleri eşitlik 4'deki gibidir.

$$y = -0,0026x^3 + 0,1922x^2 + 4,3884x + 29,1426 \quad (4)$$

y: Bekleme süresi için gerekli set değeri

x: Dış hava sıcaklığı

Binaların sıcak su ihtiyacı için (Hastane, Yemekhane vb.) akümülyasyon tankı (Boylar) bulunan (Şekil 7 sağ taraf) yerlerde dinamik kontrol yapılmaktadır. Sirkülyasyon pompaları sıcak su biriktirilen akümülyasyon tankı ile eşanjör arasındaki suyu sirküle etmektedir. Suyun istenilen derecede ısıtılması için eşanjör çıkışındaki PT100'den alınan sıcaklık bilgisi ile üç yollu motorlu vana kontrol edilmektedir. Kullanım suyu girilen ayar sıcaklığı kadar ısıtılmaktadır. Her beş dakikada akümülyasyon tankındaki suyun sıcaklığı kontrol edilmektedir. Bu suyun sıcaklığı istenilen değere ulaşınca motorlu vana ve pompalar kapatılmaktadır. Sistemin tekrar çalışması için beş dakika sonra ayar sıcaklığı bilgisi ile akümülyasyon tankındaki su sıcaklık bilgisi karşılaştırılmaktadır. Eğer tanktaki su sıcaklığı ayar sıcaklığından büyük veya eşit ise sistem çalışmamaktadır. Eğer küçük ise sistem tekrar devreye girerek tanktaki suyu ısıtmaktadır. Sistem otomatik konumda kaldığı sürece yukarıdaki döngü devam etmektedir. Dinamik kontrol ile insan faktörü minimize edilerek kullanımın az olduğu zamanlarda elektrik ve ısı enerjisinden tasarruf edilmektedir.

Akümülyasyon tankına giden sıcak su belirlenen set değerinden fazla ısıtılmamaktadır. Bu şekilde eşanjörün kireçlenerek tıkanmasının önüne geçilmiştir. Dinamik kontrol yapılmadan önce yaklaşık 12 günde kireçlenmeden dolayı tıkanan eşanjör, otomatik kontrol sonrasında kireçlenme sonucu tıkanma ortadan kaldırılmıştır. Yaklaşık iki ay sonra yapılan kontrolde eşanjörde kireçlenmenin olmadığı görülmüştür.

Eşanjörlerin girişindeki üç yollu motorlu vanaların kapatılması ile merkezi sisteme bağlı olan o dalın kapatılması sağlanmıştır. Böylece hat sonu basıncının yükselmesi ile birinci devre pompalarının kapasitesi düşürülerek sirküle edilen su miktarı azalmakta ve buna bağlı olarak brülör tarafından görülen yükün azalması sonucu yakıttan ve elektrik enerjisinden tasarruf edilmektedir.

4. BULGULAR

Uygulamamız enerjinin üretim ve tüketim sürecini kapsayacak şekilde gerçekleştirilerek çalıştırılmıştır. Bir bütün haline gelen ısıtma sistemi kumanda ve kontrol açısından büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Böylece on dört ayrı bölgenin ısıtması, merkezi ısı santralindeki sistem bilgisayarı tarafından koşullara göre dinamik kontrollü olarak yapılmaktadır. Uygulama ihtiyaca göre ısı enerjisi üretirken gereksiz enerji sarfiyatını önlemektedir.

Brülörlerin optimum ayarları bozulmadan çalıştığı gözlemlenmiştir. Brülörlerin baca gazı O₂ analiz cihazından ölçülen değerlerin, set edilen değere kısa zamanda ulaştığı ve brülörün değişen yük koşullarında verimli çalıştığı gözlemlenmiştir.

Sirkülyasyon pompaları aktif olarak anlık yük ihtiyacına göre çalışmaktadır. Ani kalkış ve duruşlarda oluşan darbeler elimine edilmiştir. Minimum kapasitede çalıştırılan pompaların sıcaklığı belirli aralıklarla ölçülerek pompaların minimum devirde ısınmadan çalıştığı tespit edilmiştir.

Binaların ısıtılmaları dış havaya bağlı olarak dinamik kontrol edilmektedir. Yapılan gözlemlerde ısıtma sistemi dış hava sıcaklığına göre hareket etmekte ve bölümlerin ısınmasıyla sistem kapatılarak aşırı ısınmanın önüne geçilmektedir.

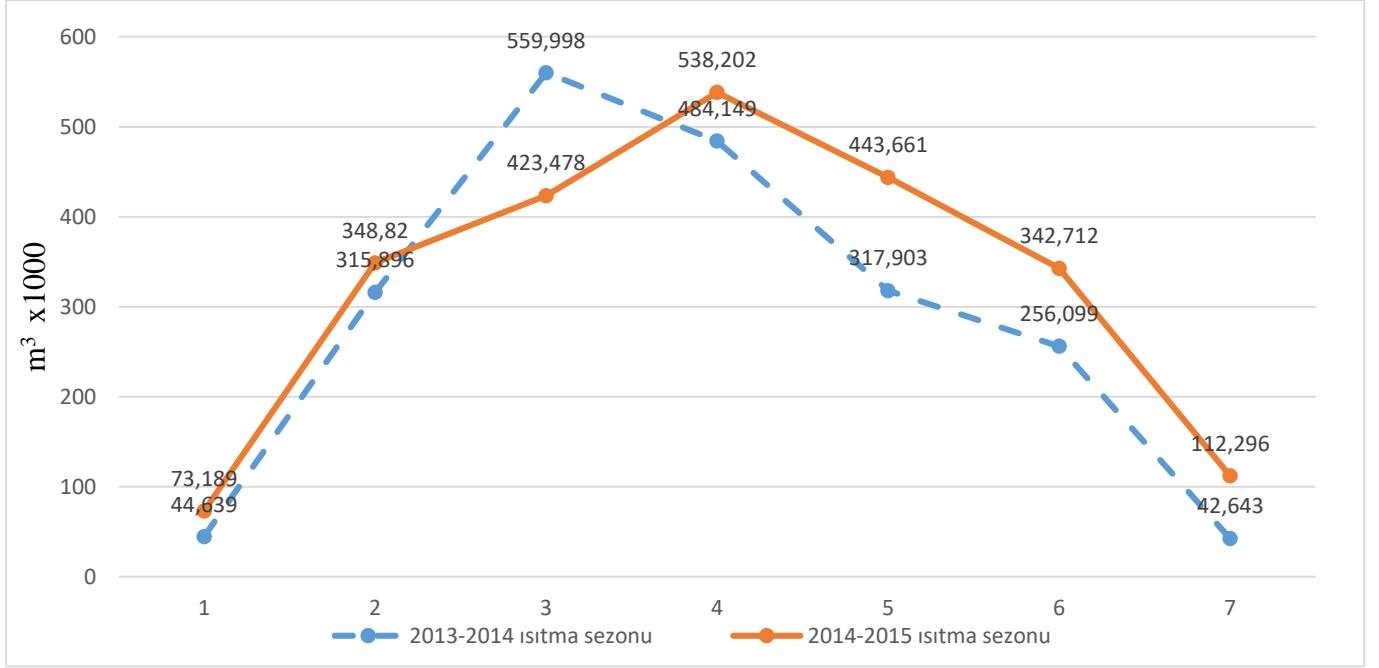
Sistemde kullanılan algılayıcılar, kazanların, brülörlerin, motorlu vanaların, pompaların çalışması, eşanjörün ısı transferi ve sistemin geneli hakkında da bilgi vermektedir. Bu olanak ile arızalı olan bölgeye müdahale edilip, arızanın veya hasarın büyümesi engellenebilmektedir.

Uygulama ile alınan güvenlik tedbirleri test edildiğinde, set edilen değerlerde çalıştığı, sistemin güvenli bir sistem olduğu rahatlıkla ifade edilebilir.

Gerçekleştirilen uygulamada sistemin otomatik kontrol edilmesi ve insan faktörü minimize edilmesiyle sistem güvenilirliği sağlanmış ve verimi artırılarak önemli ölçüde tasarruf edilmektedir.

Bir mahallenin sıcaklığını 1°C arttırmak için yaklaşık %6 oranında daha fazla yakıt gerekmektedir [URL-5]. Dış havanın ısınmasıyla dinamik kontrol yapılarak her dakika yeni ve daha düşük set değerleri atanarak sistemin daha düşük sıcaklıklarda çalışması sağlanmıştır. Aynı zamanda insan kaynaklı gecikmelerin önüne geçilmiştir. Buna göre yapılan uygulamada %10-15 arasında tasarruf edilebileceği öngörülmüştür.

Önerilen bu sistem Kahramanmaraş Sütçü imam üniversitesi Avşar yerleşkesinde uygulanmıştır. Şekil.8'de 2013-2014 ile 2014-2015 ısıtma sezonlarında sistem tarafından tüketilen yakıt miktarlarının (m³) karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 8. Isı santralının 2013-2014 ile 2014-2015 ısıtma sezonlarındaki yakıt tüketim grafiği (m³)

Şekil 8’de seri1 grafiği 2013-2014 ısıtma sezonuna ait veriler elde edilirken otomasyon sistemi mevcut değildir. Otomasyon sistemi uygulaması sonrası seri2 grafiği 2014-2015 ısıtma sezonuna ait verileri göstermektedir. Sezonların hava sıcaklıkları [URL-4] ve sisteme eklenen yeni mahaller dikkate alındığında sistemin tasarruf yapabildiği ve yaklaşık üç ısıtma sezonu sonunda yatırım maliyetini karşılayabileceği ifade edebilir.

5. TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Bölgesel ısıtmanın yapıldığı yerlerde sistem işletilirken meydana gelen problemlerin (her binanın ayrı ayrı çalıştırılıp kapatılması, arıza bilgisi yokluğu, aşırı ısınma, santralin çalıştırılması ve takibi gibi) giderilmesi için bu çalışma gerçekleştirilmiştir. İlk olarak otomasyon sistemi tasarlanarak, fiziksel altyapı (PLC, sensör, fiberoptik ağ vb.) kurulmuştur. Daha sonra sistemin çalışmasını sağlayacak program tasarlanmıştır. Son olarak sistem çalıştırılıp emniyet tedbirleri ile dinamik kontrol fonksiyonları test edilmiş ve bir ısıtma sezonu boyunca takip edilerek gerekli gözlemler not edilmiştir.

Yapılan uygulama ile bölgesel ısıtma yapılan mahallerde, merkezi ısıtma sisteminin otomasyon ile dinamik olarak kontrol edilmesi % 15-20 civarında enerji tasarrufu edileceğini ifade edebiliriz. Bu sistem ile enerjinin üretim, iletim ve tüketim aşamalarının eş zamanlı kontrol edilmesi, ihtiyaç fazlası ve yüksek sıcaklıklarda meydana gelen ısı kayıplarının elimine edilebilmesi mümkün olabilmektedir. Bir bütün haline getirilen sistem, erken uyarı bildirimleriyle daha verimli ve kesintisiz çalışmaktadır. Bu sistemde insan faktörü minimize edilmesiyle insan kaynaklı hatalar da minimuma indirgenmektedir.

Bu gerekçelerle bölgesel ısıtma yapılan yerlerde sistemlerin enerji üretim, iletim ve tüketim aşamalarını kapsayacak dinamik otomasyon sistemi önerilmektedir.

6. KAYNAKÇA

A., Altıntaş, (2004), Tristör Ve Triyak Harmoniklerinin 3 Boyutlu Gösterimi ve Toplam Harmonik Bozunuma Eğri Uydurma, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10/3, 415-421.

A., Topcu, (2014), Bilgisayar Destekli Nümerik Analiz, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi*.

A., Ural, A. F., Boz, (2002), PID Kontrolörü İçin Arabirim Tasarımı, *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6/1, 26-31.

A.S., Yılmaz, E., Yanıkoğlu, M., Turan, (1997), Enerji Sistemlerinde PID Denetleyiciler İle Yük Frekans Denetimi, *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2, 105-109.

Alagöz, B., B., Ateş, A., Yeroğlu, C., (2013), Hata-Küçük Kontrol Yapısının Teorik İncelenmesi, *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı* (TOK201326-28 Eylül),

B. K., Engiz, Ç., Kurnaz, H., Sezgin, (2014), DFBC Sisteminde Eğri Uydurma Yöntemleri Kullanılarak En Uygun Pilot Aralığının İfade Edilmesi, *IEEE 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference*.

İ., Yazıcı, A., Özdemir, F., Vatansever, (2002), Kendinden Ayarlamalı Sayısal PID Tasarımı, *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6/1, 73-75.

M., Horasanlı, (2005), Powell Yöntemi İle Çok Değişkenli Fonksiyonların Hata Kareleri Toplamı Minimizasyonunun Eğri Uydurma Problemlerine Uyarlanması, *İ.Ü. İşletme Fakültesi İşletme Dergisi*, 34/1, 27-40.

URL-1 http://hilmi.trakya.edu.tr/ders_notlari/Otomatik_kontrol/Otomatik_Kontrol_6_PID.pdf .

URL-2 <http://kisi.deu.edu.tr/aytac.goren/MAK3026/h5.pdf>.

URL-3 http://www.baskent.edu.tr/~afet/dersler/genel_matematik_2/dersnotlari_listesi/DERS_%207.pdf.

URL-4 <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx?s=m#sfB/20.02.2015>.

URL-5

http://www.erimsever.com/MakMuh/Viessmann/PlanlamaKlavuzlari/Genel/SuNiteligiReferansDegerler_PLA_5870_048.pdf.

URL-6 http://www.ursanpompa.com/resimler/6800635_16072011112245.pdf

URL-7 http://www.alarko-carrier.com.tr/eBulten/TekBulten/images_58/e_TekBulten58_print.pdf

URL-8

<http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FB%20C3%BCt%20C3%A7e%20Konu%20C5%9Fmas%20C4%B1%202015%20Y%20C4%B1%20C4%B1%20Plan%20B%20C3%BCt%20C3%A7e%20Komisyonu%20Konu%20C5%9Fmas%20C4%B1.pdf>, 14 Kasım 2013.