

KIZGIN SULU MERKEZİ ISITMA SİSTEMLERİ, SİSTEMLERİN BASINÇLANDIRILMASI VE GENLEŞME KABI BOYUTU

Veli DOĞAN
Cemre DOĞAN İLHAN

ÖZET

Yeni çıkan kanunlar ile merkezi ısıtma ve soğutma sistemlerinin yaygınlaştırılması planlanmaktadır. Türkiye’de en son 02.05.2007 tarihinde çıkan 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu’nda “2000 m²’den büyük alanların ısıtılması merkezi olarak yapılacaktır” denilmektedir. Bu gelişmeler neticesinde kızgın su ile beslenen merkezi ısıtma sistemlerinin önemi de artacaktır. Bu sistemlerin kurulumu ile ilgili yeterli literatür bulunmamaktadır, özellikle sistemin basınçlandırılması çok önemlidir. Sistemin basınçlandırılması için birçok metot geliştirilmiştir, buhar ve asal gazlar kullanarak yapılan bu işlemler genleşme kabı seçimini de etkilemektedir. Bu yazıda merkezi kızgın su sistemlerini ile bu sistemlerin basınçlandırılması ve genleşme kabı seçimi işlenecektir.

Anahtar Kelimeler: Kızgın sulu sistemler, Basınçlandırma.

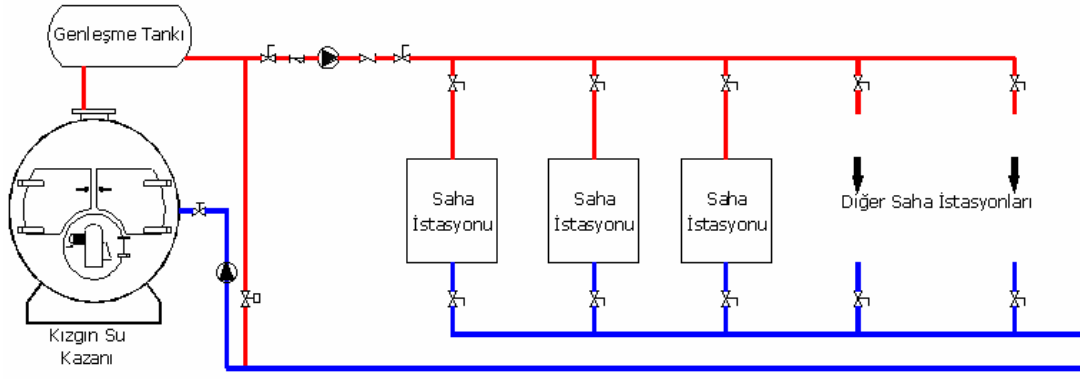
ABSTRACT

New energy regulations in Turkey encourage, and in some cases mandates, the application of centralized heating and cooling systems. The Energy Efficiency Legislation #5627 dated 02.05.2007 states that “buildings having 2000 m² or more usage area shall have central (common) heating system”. In relation with this legislation, it is evident that the central heating systems using superheated water shall gain increasing importance. There is not enough literature in Turkey to aid in the installation of such systems. Especially, system pressurization is extremely important. Numerous methods have been developed for the pressurization. Vapor and Inert gases that are used in the pressurization process affect the expansion vessel selection. This study analyzes the central superheated water heating systems as well as the system pressurization process and the expansion vessel selection.

KeyWords: Superheated water heating systems, Pressurization.

1. GİRİŞ

Merkezi ısıtma, bir merkezde elde edilen enerjinin, saha istasyonlarına aktarılması sonucu, bu istasyonlardaki konutların veya proseslerin ısıtılmasıdır. Saha istasyonları, bir birinin aynı olabildiği gibi tamamen farklı özelliğe ve kapasiteye sahiptirler. Sahadaki ısı gereksinimi, konut ısıtma veya herhangi bir proses amaçlı olabilir. Merkezi ısıtma yapılarak, her bağımsız yapı ve tesisin kendi başına bireysel ısı üretmesi engellenmiş olur. Merkezde üretilen ısı, kızgın su (110°C’nin üzeri) veya buhar ile taşınır. Şekil 1.’de ısıtma ünitesi, pompa, boru ve saha istasyonlarından oluşan kızgın su devresi, şematik olarak görülmektedir.



Şekil.1. Bölgesel Isıtma Sistemi Prensi Şeması

Her binanın altında bir ısı transfer istasyonu kurulur veya merkezden gelen ısı doğrudan tüketilen cihazlara aktarılır. 110-175°C arasındaki su, orta sıcaklıkta sayılmakta; 175°C'nin üzerindeki su, yüksek sıcaklık sınıfına girmektedir. Bu yazıda, orta sıcaklıkta kızgın su ile çalışan sistemler dikkate alınacaktır.

Sistemin minimum ekonomik kapasitesi genelde 500 konut olarak tanımlanmakla birlikte; sahadaki binaların dağılımı ve her binadaki konut sayısı, sistemin kurulmasını belirlemede önemli etkindir. Birbirine çok uzak olmayan, her biri 100 konuttan oluşan beş binaya merkezi ısıtma kurmakla, çok yaygın sahaya dağılmış, her biri 25 konuttan oluşan 20 binayı değerlendirmek ayrı sonuçlar verecektir.

Ülkemizde, belirli bir alana yayılmış blokları ısıtmak için tasarlanmış sistemler çok yaygın değildir. Ancak üniversite kampüsü, hastane gibi tesisler, merkezi sistemler ile ısıtılmaktadır. Bir şehrin belirli bölgesini ısıtmak için kurulmuş tesisler, kuzey ülkelerinde yaygın şekilde yer almaktadır. Moskova' da kurulu olan bir merkezi ısıtma sistemine ait ısı merkezi Resim1.'de görülmektedir.



Resim 1. Bir Merkezi Isıtma Santrali

2.BÖLGESEL ISITMA SİSTEMLERİNDE ISI TAŞIYICI AKIŞKAN OLARAK BUHAR VE SUYUN KULLANIMI

Bölgesel ısıtma sistemlerinde, ısı taşıyıcı olarak buhar veya kızgın su kullanılır; bu nedenle sistemi, buharlı ve sulu bölgesel ısıtma olarak iki gruba ayırmak mümkündür. Bir sistemdeki akışkanın cinsini seçmek için, bu akışkanların avantajlarını ve dezavantajlarını sıralayıp doğru şekilde analiz etmek gerekir. Bazen akışkan tercihi basit olabilir. Örneğin; 10 adet saha istasyonunun 4'ünde buhar ihtiyacı var ise, burada iki ayrı sistem kurmak ekonomik olmayabilir ve merkezi buhar tesisinin daha ekonomik olacağı görülmektedir. Kıyaslama birkaç ana kategoride değerlendirilebilir:

- Sistemin kuruluş maliyeti
- Sistemin işletme kolaylığı, işletmedeki riskler ve işletme maliyeti
- Sıcaklık, basınç ayarlama ve otomasyon kolaylığı
- Sistemin ömrü

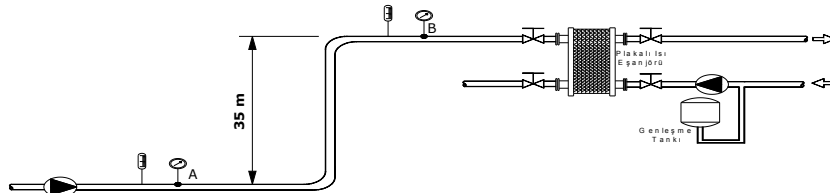
2.1. Kızgın Su Sisteminde Basınçlandırmanın Önemi

Kızgın suyu istenilen sıcaklıkta tutabilmek için sistemin tamamını, sürekli belirli bir basınç altında tutmak gerekir. Bu nedenle herhangi bir noktada suyun üzerindeki basınç, suyun bahsi geçen sıcaklıktaki doyma basıncının altına düştüğünde; su, derhal buharlaşır ve buhar sistemde koç darbelerine yol açar. Sistem daima, çalışma sıcaklığına gelen basıncın üzerinde, emniyetli bir basınçta tutulmaya çalışılır. Buhar ile basınçlandırılan sistemlerde, emniyet olarak alınan basınç çok fazla değildir; sistem, doyma basıncının biraz üzerinde bir değerdir. Genleşme kabı hem genleşmeleri alır hem de basınçlandırmanın merkezidir. Kızgın su sistemlerini basınçlandırmak için, birçok metot yaygın olarak kullanılmaktadır.

- Buhar yastıklı sistemler
 - Kendi buharını üreten sistemler
 - Yardımcı kaynaktan buhar alan sistemler
- Soy gazlar ile basınçlandırma (Örneğin; azot)
- Membranlı genleşme depoları ile basınçlandırma
- Sabit basınçlı (kompresörlü) veya değişken basınçlı basınçlandırma
- Pompalı basınçlandırma (sabit basınçlı)

Çalışma basıncının seçilmesinde, sahadaki inişler ve çıkışlar, yani kot farkları dikkate alınmalıdır. Örneğin; 150°C sıcaklıkta çalışması planlanan sistemde, 150°C'de suyun doyma basıncı 3,8 bar (gösterge) olarak tablolardan okunur. Sahada, boru güzergâhının her noktasında bu basınç değerinin üzerinde kalmak gerekir. En düşük boru kotu ile en yüksek boru kotu arasındaki fark mutlaka dikkate alınmalıdır.

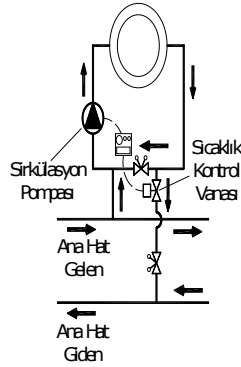
Şekil 2.'de görüldüğü gibi sahadaki maksimum ve minimum boru kotları arasında 35 metrelik bir fark olduğunu düşünelim. Bu sistem için 1,8 bar emniyet aldığımızı kabul edelim. A noktasında (su sirkülasyonu yokken) statik basınç 9,1 bar ($3,8 + 3,5 + 1,8 = 9,1$ bar, gösterge) olarak okunur. B noktasında ise 5,6 bar'dır ($3,8 + 1,8 = 5,6$ bar, gösterge). B noktası, suyun buharlaşma riskini taşıdığı en yüksek yerdir.



Şekil 2. Sahadaki Borulara Ait Kot Farkının Sistem Basıncına Etkisi

Büyük bir sahada, yalnızca bir bloğun yüksek bir tepe üzerinde ve normal boru devresinden yüksekte olduğunu düşünelim. Bu gibi yerlerde buharlaşma riskini azaltmak için, tüm sistemdeki basıncı artırmak yerine; sadece bu bölümde sıcaklığı düşürerek, kızgın suyun buharlaşması önenebilir.

Yüksek kısımdaki su sıcaklığı, araya bir eşanjör devresi kurularak düşürülebilir veya Şekil 3.'de görüldüğü gibi, bir pompa ve iki yollu sıcaklık kontrol vanası ile 120°C'ye düşürülebilir. Bu durumda 120°C'deki suyun doyma basıncı, 1 bar civarında olacaktır. Böylece 2,8 bar (3,8-1)değerinde basıncı tüm sisteme uygulanması önlenmiş olur. A noktasında 9,1 bar yerine, $9,1 - 2,8 = 6,3$ bar basınç oluşturmak yeterli olacaktır. B noktasında ise 2,8 bar basınç yeterli olacaktır (1,8 emniyet+1 bar @120°C için doyma basıncı). Ancak, bu yüksek kısımda su sıcaklığının 120°C' yi geçmemesi için borulama ve balanslamanın doğru yapılmış olması gerekir. Bu bölgede ısı gereksinimi olduğu anda sıcaklık kontrol vanası tam olarak açılabilir, pompa aradaki by-pass hattı olmadığı takdirde yüksek sıcaklıkta su emebilir. By-pass hattın doğru şekilde boyutlandırılmış olması çok önemlidir,yinede bir eşanjör kullanarak bu bölgeyi ayırmak daha risksiz bir çözüm olacaktır.



Şekil 3. Su Sıcaklığının Düşürülmesi İçin Bir Sistem Şeması

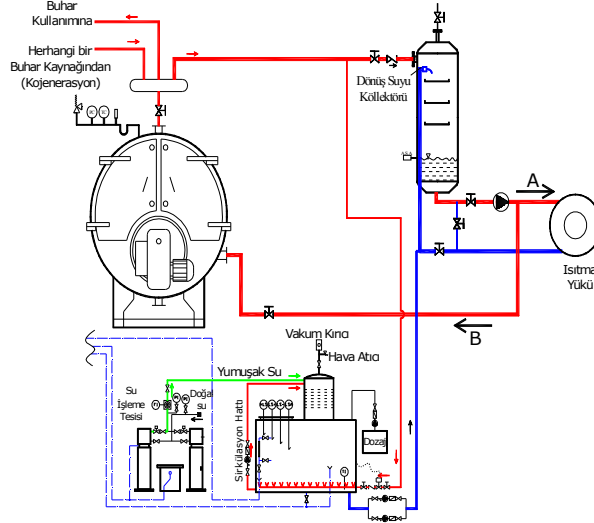
Sıcaklık	Doyma Basıncı(gösterge)	Ayarlanmış Sıcaklık	Doyma Basıncı
150°C	3,8 bar	120°C	0,985(~1 bar)

3. BUHAR İLE BASINÇLANDIRILAN KIZGIN SU ÜRETEN SİSTEMLER

Buhar ile basınçlandırılan sistemler her geçen gün gelişme göstermiştir. Aşağıda buhar ile basınçlandırılan sistemlerin çeşitleri ve gelişimi izlenebilir.

3.1. Kazan İçerisinde Bir Buhar Hacmi (Drum) Ayrılan Sistemler

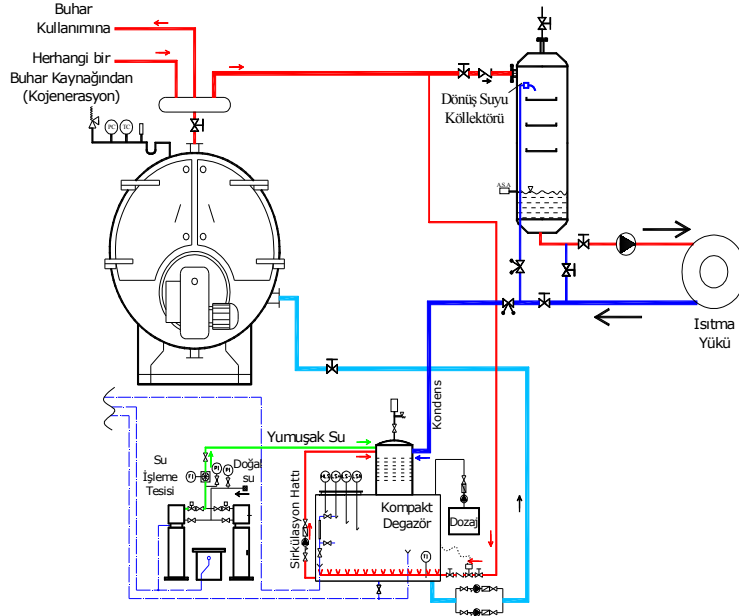
Birçok sistem kendi ürettiği buhar ile basınçlandırılmaktadır. Bazı sistemler kazanın üst kısmında, bir buhar haznesinin (drum) ayrılmasıyla kurulmaktadır. Bu kazanlar, buhar haznesini de içinde buldukları için, oldukça büyük hacimli kazanlardır. Sistem 1920'lerde, Alman mühendis Klingelhoefer tarafından geliştirilmiştir. Şekil 4.'de görüldüğü gibi kızgın su, bir boru ile, buhar içermeyen bir noktadan çekilmektedir. Su borulu kazanlarda su hacminin çok küçük olması, yeterli hacme ulaşmak için kazanı çok büyütme ihtiyacı; duman borulu kazanlarda ise buhar hacminin yetersizliği ve alternatif sistemlerin yaygınlaşması gibi nedenlerle bu sistemlerin kullanımını sınırlanmıştır.



Şekil 5. Doğrudan Buhar ile Su Isıtılan Sistem

Şekil 6.'da ise farklı bir tasarım görülmektedir. Burada, ayrı bir besi suyu tankı yerine kaskad tankından dönen su ile ilave besi suyunun beraber toplandığı bir kompakt degazör söz konusudur. Burada besi suyu pompalarının debisi, Şekil 5.'dekilerden daha büyük olmak durumundadır; hem eksilen suyu tamamlamakta hem de yoğuşan buharı karşılayacak kadar suyu tekrar kazana basmak durumundadır. Kompakt degazör tankının büyüklüğü önemlidir; bu tank, kazanı minimum 15 dakika besleyecek boyutta olmalıdır. Bu sistemde su, kazana bir miktar ısı kaybederek döner. Şekil 5.'de ise kızgın su, gidiş sıcaklığında girer. Her iki sistemde de su seviyesi, kaskad tankı üzerindeki su seviye cihazları ile kontrol edilir.

Kaskad sistemi, hem buhar ihtiyacı olan hem de kızgın su üretilmesi gereken tesisler için idealdir. Buharın bir kısmı, kaskad içerisine sevk edilirken; diğer kısmı buhar gereksinimi olan yere sevk edilmektedir. Bu durum, bazı büyük buhar gereksinimlerine karşılık az bir miktarda orta sıcaklıkta su ihtiyacı duyulan tesisler için idealdir. Bu sistemin diğer büyük bir avantajı ise yük anlamında büyük bir aralıkta, sistemden ısı çekmek mümkündür. Yani nominal dizayn değerinin %15-125'i arasında problemsiz olarak su ısıtmak mümkün olmaktadır. Her türlü buhar kaynağı ve kazanından buhar alınarak sistem kurulabilir. Herhangi bir kaynaktan alınan veya üretilen buhar, rahatlıkla kullanılabilir. Isı aktarımı, buharın yoğuşmasına bağlı olduğu ve ısı aktarımında bir eşanjör kullanımı söz konusu olmadığı için, kızgın su sıcaklığını, buharın yoğuşma sıcaklığına yaklaştırmak mümkün olmaktadır. Sistem doğru kurulduktan sonra, işletme kolay ve sorunsuzdur. Kapasiteye bağlı olarak, kazan sayısı ve kaskad tankı sayısı, paralel bağlanarak artırılabilir.



Şekil 6. Doğrudan Buhar ile Su Isıtılan Diğer Bir Sistem Bağlantısı

3.3. Ayrı Bir Buhar Haznesi İle Doğal Basınçlandırılan Sistemler

Son yıllarda, daha sağlıklı olması nedeni ile gidiş hattı üzerinde, kazanlardan bağımsız olarak ayrı bir genişleme tankı tasarlanmıştır. Genleşme kabı, kazanların oldukça üzerinde ve yatay bir konumda bulunur. Pompalar dursa bile, kazanlardan yüksekte olan bu tanka, doğal sirkülasyon devam etmelidir. Tüm kaynar suyun sirkülasyon anında içinden geçtiği ve aynı zamanda genişleme kabı işlevi gören bir tank söz konusudur. Tankın üst kısmında bulunan buhar, bir buhar yastığı oluşturur. Şekil 7.'de görüldüğü gibi, genişleme tankından emilen su, sisteme basılır. Genleşme kabı, alt ve üst su seviye kontrol cihazları ve emniyet armatürleri ile donatılmıştır. Genleşme kabında su seviyesinin istenilen değeri aşması durumunda, boşaltma hattı üzerindeki iki yollu (on-off) motorlu vana (3 nolu vana) açılmakta ve fazla su, besleme tankına atılmaktadır. Bu sistem çalışmaz ise, buhar üzerindeki emniyet vanası, emniyetli bir bölgeye boşaltma yapılmalıdır. Genleşme kabındaki su seviyesinin istenilen değerin altına inmesi durumunda, düşük seviye sensörü derhal brülörü kumanda ederek yanmayı durdurur. Kazanlarda yanmanın kontrolü, genellikle kazan çıkışındaki su sıcaklığına bağlı olarak yapılır. Buhar basıncının yükselmesi durumunda, yine yanma kontrol edilir.

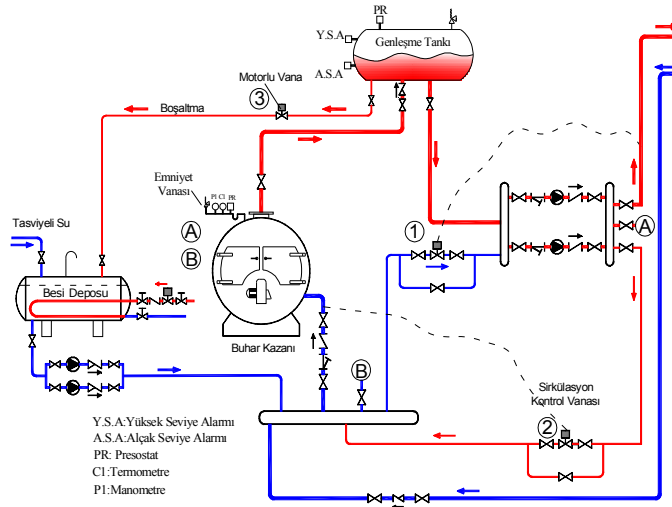
Birden fazla kazan kullanılan sistemlerde, kazanlar genişleme kabına mutlaka bağımsız şekilde bağlanmalıdır. Sistemdeki su, istenilen sıcaklığa kadar ısıtıldığında; genişleme kabındaki su seviyesi, en üst çalışma noktasına kadar çıkacaktır. İlave kazanların devreye girmesi esnasında, kazan içerisinde kalan bir miktar su da ısınacak ve genişleyecektir ancak bu genişleme nedeniyle su seviyesi pek değişmez.

Kendi ürettiği buhar, harici üretilen buhar veya mekanik olarak basınçlandırılan sistemlerde suyun sirkülasyonu benzerdir. Kızgın su sistemindeki suyun sirkülasyon şekli, sisteme yerleştirilen pompaların konum ve sayılarına göre farklılık göstermektedir. Genellikle tek veya çift pompalı olmak üzere, sistem iki şekilde tasarlanmaktadır. Tek veya çift pompa kelimeleri pompa sayısını değil, sistemdeki pompa grubu sayısını tanımlamaktadır.

3.3.1. Tek Pompa Grubu Olan Bağlantı

Pompa yerleşimi, sistemin buharlı basınçlandırma veya mekanik basınçlandırma altında olmasına göre değişmektedir. Şekil 7.'de tek pompalı sistem görülmektedir. Genleşme kabından, sıcak suyu alan pompa veya pompa grubu sisteme su basmaktadır.

Kazanlar, ilk devreye alındığında içlerinde çok düşük sıcaklıkta su bulunur; duman borusu iç yüzeyleri yoğunlaşma ile korozyonla karşı karşıya kalır. Kazan ilk devreye alınırken, bu yoğunlaşma süresini minimuma indirmek çok önemlidir. Çok büyük kapasitedeki bir sistemde tonlarca su olacaktır. Oysa kazan veya kazanların su hacmi, bu değerin çok altındadır. Prensipte ilk önce, kazan ile etrafındaki bir kısım boru ve armatür içerisindeki suyun sıcaklığı belirli bir değerin üzerine çıkartılır; daha sonra yavaş yavaş sistemdeki suyun sıcaklığı yükseltilir. İlk devreye alım esnasında, 2 nolu motorlu vana (oransal) açık; 1 nolu motorlu vana (oransal) kapalıdır. Sistem çalışma rejimine girdikçe; sistemdeki su, 2 nolu vana kısılarak (sıcaklık belirlenen değerin altına düşmeyecek şekilde) kazana belirli oranda yönlendirilerek ısıtılır. Kazandaki su hacminin, sistemdeki suyun hacminin onda biri olduğunu düşünelim; kazanın ilk devreye alma esnasında içerisindeki su miktarı kadar suyu ısıttığı bu metot sayesinde, kazanın düşük dönüş suyu ile çalışma süresi, 1/10 oranında azalmış olacaktır. Bazı sistem tasarımcıları veya kazan üreticileri, şönt pompa adı verilen, sadece kazandaki ilk çalışma ve yoğunlaşma riskini ayarlayan pompa kullanımını önermektedirler. Bu şönt pompalar, tek veya çift pompalı sistemde uygulanmaktadır. 1 nolu kontrol vanası, sistemdeki gidiş suyu sıcaklığını istenilen değerde tutmaya yaramaktadır.



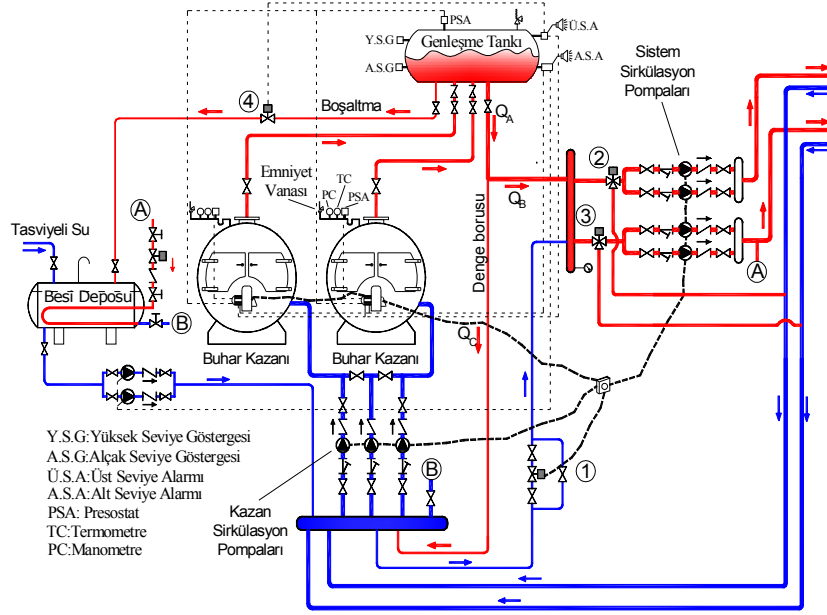
Şekil 7. Tek Pompa Grubu ve Ayrı Bir Buhar Haznesi Olan Sistem

3.3.2. Çift Pompa Grubu Olan Bağlantı

Pompa basma yüksekliğinin çok fazla olduğu sistemlerde, çift pompa devresi ilk akla gelen çözümdür; pompalar seri olarak çalışacaktır. Yine farklı zonlarda, farklı basma yüksekliği bulunan ve zonlama gereken tüm sistemlerde, çift grup pompa kullanılmaktadır. Bu ikili pompa uygulaması da, sistemin basınçlandırılmasına bağlı olarak farklılık gösterecektir. Buharlı basınçlandırmayı iki grup pompa ile yapmak daha sağlıklı olabilir (Şekil 8. İlk gruptaki pompalar; kazan, kazan boruları ve kollektör devresine kadar olan basınç kayıplarını karşılar ve suyun dağıtım kollektörüne kadar iletilmesini sağlarlar. İkinci grup pompalar, suyun merkezî sistemde sirkülasyonunu sağlar.

Kazan sirkülasyon pompalarının emişine genişleme kabından sürekli bir miktar su emmek, pompadaki kavitasyon riskini azaltacaktır. Ancak bu suyun sürekli emilebilmesi için, toplam kazan sirkülasyon pompaları debilerinin, sistem sirkülasyon pompalarının emdiği toplam debiden bir miktar fazla olması gerekir. Yani, $Q_A \geq (Q_B + Q_C)$ olması gerekir. İlk devreye alma anında kazan sirkülasyon pompaları, sadece kazandaki suyu sirküle ettirerek, kazan su sıcaklığını istenilen değere çıkartmaktadır. Bu esnada kazan sirkülasyon pompalarının emdiği suyun tamamı denge borusundan geçmekte ve kısa yoldan kazana dönmektedir. Bu esnada ikincil devre pompaları tamamen kapalı olabilir veya 2 ve 3 nolu üç yollu vanalar, besleme kollektöründen su almadan, dönüş hattından beslenebilir. Su, kazanda yoğunlaşma bölgesi dışında bir sıcaklığa ulaştığında üç yollu vanalar oransal olarak açılmaya başlamaktadır. Kazanda su sıcaklığı düşürülmeden sistemdeki suyun tamamı ısıtılmakta ve ısıtma sistemleri beslenmektedir. Üç yollu vanalar ile her bağımsız zondaki gidiş suyu sıcaklığı

ayarlanmaktadır. "1" nolu motorlu vana, zon pompalarına giden suyun sıcaklığını dış hava sıcaklığına bağlı olarak düşürmekte kullanılmaktadır.

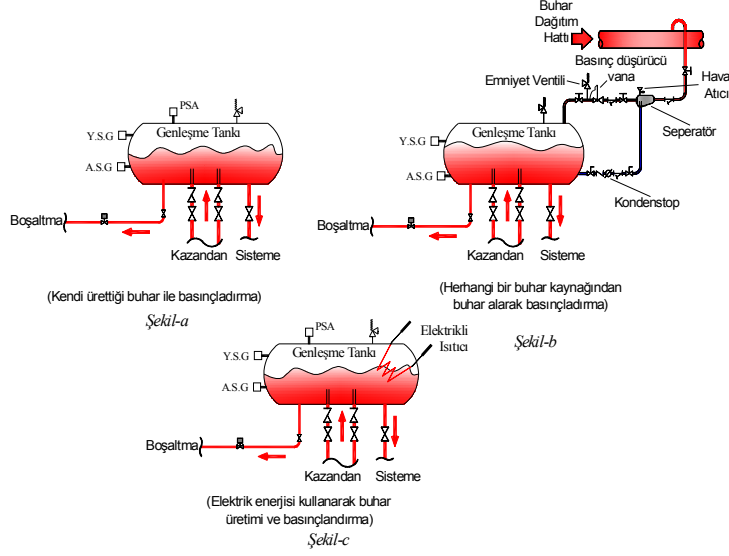


Şekil 8. Çift Pompa Grubu ve Ayrı Bir Buhar Haznesi Olan Sistem

Sistem sirkülasyon pompaları, saha istasyonlarından gelecek isteğe göre, su sıcaklığını ve debiyi değiştirirler. Sıcaklık üç yollu vana ile; su debisi ise pompa debisi değiştirilerek sağlanır. Geniş bir sahaya su sirküle etmek ciddi pompalama masrafı getireceği için, frekans kontrol cihazı ile pompalarında debisini değiştirmek çok önemlidir. Yani sabit debili sistem yerine değişken debili sistem kurmak, işletme ekonomisine katkıda bulunacaktır.

3.4- Buhar ile Basınclandırma Sisteminde Genleşme Kabı

Genleşme kaplarındaki buhar, daha önce bahsettiğimiz gibi kızgın su kazanından elde edilebilir (Şekil 9a.). Bunun yanında bazı sistemlerde, buhar başka bir buhar hattından veya küçük bir buhar jeneratöründen (Şekil 9b.) sağlanıyor olabilir. İlave buhar sağlamak için, elektrikli ısıtıcının genleşme kabını üst kısmına yerleştirilmesi, az kullanılan bir başka metottür. (Şekil 9c.).



Şekil 9. Genleşme Kaplarında Buhar ile Basınçlandırma

3.4.1. Buhar İle Basınçlandırma Sisteminde Genleşme Kabı Boyutu

Genleşme kabı boyutunu belirleyen en önemli iki parametreden birisi, genleşen su miktarıdır. Diğer önemli parametre ise, ısıtma işlemi sonucu suyun sıcaklığında oluşan farktır. Kızgın su ile ilgili sistemlerde, suyun ilk soğuk hâlimden (ortam sıcaklığı) istenilen sıcaklığa kadar ısıtılması dikkate alındığında, genleşen su miktarı fazla olacaktır. Örneğin; 150°C maksimum su sıcaklığı, 15°C ortam sıcaklığı için; sıcaklık farkı 135°C olacağından, ilk ısıtmada genleşen su miktarı çok fazladır. Genel olarak bu değer genleşme kabı hesabında dikkate alınmaz ve ilk işletmeye alındığında genleşen su, besleme tankına manuel olarak alınır.

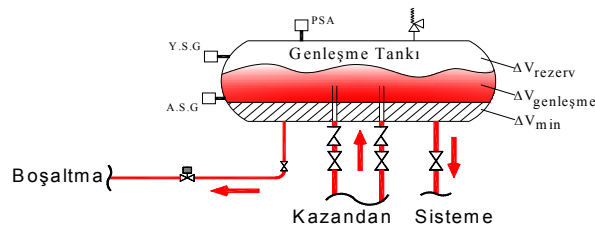
Esas genleşme boyutunu belirleyen parametre, gidiş ve dönüş suyu arasındaki sıcaklık farkıdır (150-90°C gibi). Sistemdeki toplam su debisine ve çalışma sıcaklıklarına bağlı olarak, genleşen su miktarı bulunur. Bu parametreler dikkate alınarak aşağıda görüldüğü gibi genleşme tankı hacmi belirlenir (Şekil 10.).

$$\text{Genleşme Tank Hacmi} = V_{\text{genleşme}} + V_{\text{buhar}} + V_{\text{rezerv}} \quad (1)$$

$V_{\text{genleşme}}$: Bahsi geçen sıcaklık aralığında ve debideki suda olan hacimsel artış [m^3]

V_{rezerv} : Bu rezerv hacim genellikle genleşen suyun %40-45'dir

V_{buhar} : Buhar hacmi $V_{\text{genleşme}}$ ve V_{rezerv} hacimlerinin toplamının %20-25'i kadardır.



Şekil 10. Genleşme Kabı Hacminin Boyutlandırılması

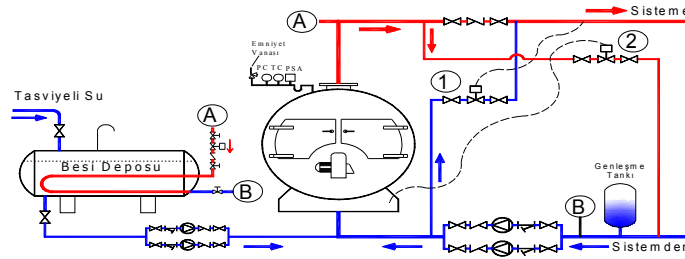
Buhar ile basınçlandırmada genleşme kabı, tüm ısı üreticilerinden gelen buharı tahliye edebilecek kapasitede emniyet vanaları ile donatılmalıdır.

4. MEKANİK OLARAK BASINÇLANDIRILAN (ASAL BİR GAZ KULLANARAK) SİSTEMLER

En yaygın sistemdir. Asal bir gaz (örneğin azot) tarafından sistem basınçlandırılır. Genleşme kabı, dönüş kollektörüne bağlıdır ve asal gaz bu tankta bir yastık oluşturmaktadır. Bu sistemde besleme elle yapılmaktadır. Otomatik olarak yapılması tavsiye edilmez; bu sistemi çalıştıran teknik elemanın belirli zaman dilimlerinde yapacağı düzenli kontrollere göre, sisteme su beslemesi yapılır. Sistemin herhangi bir bölgesinde buhar oluşmasına hiçbir şekilde müsaade edilmez. Sisteme, sıcaklığa bağlı olan doyma basıncının üzerinde bir değerde basınç uygulanır ve sistem emniyeti sağlanmış olur.

4.1. Tek Pompa Grubu Olan Sistemler

Pompa basma yüksekliğinin çok fazla olmadığı küçük sistemlerde, bir set pompa kullanılmaktadır. Hem kazan hem de sistemdeki suyun dolaşımı, tek bir pompa grubu ile (Şekil 11.) sağlanmaktadır. Bu pompa veya pompa grubunun dönüş ya da gidiş hattında olması, sistemin basınçlandırma şekline bağlıdır. Şekil 11.'deki mekanik basınçlandırılmalı bir sistemde, tek pompa grubu olan bağlantı görülmektedir. Sıcaklık kontrol vanaları ile; kazan giriş suyu ya da sıcaklığı ve sistem gidiş suyu sıcaklığı ayarlanabilmektedir.



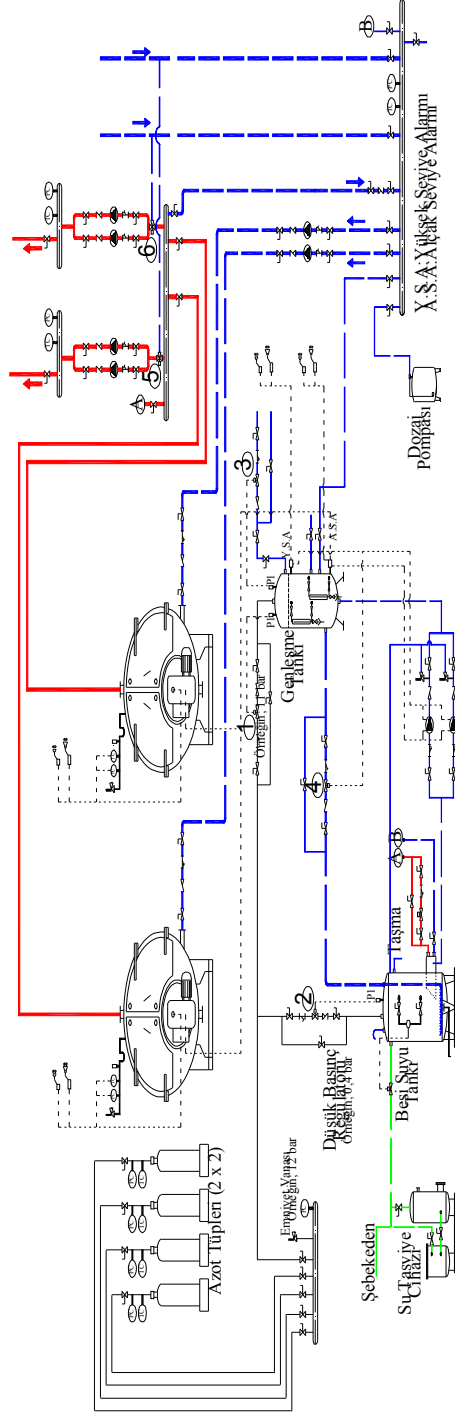
Şekil 11. Bir Mekanik Basınçlandırma Sistem Şeması

İlk devreye alma esnasında kazanı korumak için; bu sistemde 1 nolu iki yollu motorlu vana (oransal) kapalı, 2 nolu motorlu vana (oransal) açık kalmaktadır. Bu devreye alma aşamasında, kazanda düşük dönüş suyu sıcaklığının yol açacağı yoğuşmalar önlenmiş olacaktır. Kazanda, dönüş suyu sıcaklığı belirli değerin üzerine çıktıktan sonra, 2 nolu vana yavaş yavaş kapanarak genleşme kabından gelen sıcak suyun, sisteme girmesine müsaade edilecektir. 1 nolu motorlu vana, sisteme giden su sıcaklığını ayarlama için kullanılmaktadır.

4.2- Çift Pompa Grubu Olan Sistemler

Şekil 12.'de, 1 ve 2 nolu üç yollu motorlu vanaların (oransal) her bağımsız zon için istenilen gidiş suyu sıcaklığını ayarladıkları görülmektedir. İlk devreye alma prosedürü, buhardaki iki pompa grubu olan sistemin aynıdır. İki devreden oluşan bu sistemde; birinci devrede, kazandaki su istenilen sıcaklığa gelene kadar denge borusundan geçmekte ve kazana dönmektedir. Bu esnada zon pompaları kapalı bekliyor olabilir veya üç yollu vana kazan devresinden su emmeyip dönüş hattından beslenebilir.

Kazandaki su istenilen sıcaklığa eriştikten sonra, üç yollu vanalar birincil devreden (primer) su almaya başlar. Bu esnada üç yollu vanalar yavaş yavaş by-pass hattını kapatacak ve dönüş hattından su almayacaktır. Kazan pompalarının debisi (buhar sisteminde olduğu gibi), denge borusu hattındaki debi



Şekil 13. Azot Gazı ile Basınçlandırma ve Merkezî Kazan Dairesine Bağlantısı

4.3.1. Mekanik Olarak Basınçlandırılan Sistemde Genleşen Su Miktarının Ve Maksimum Çalışma Basıncının Tespiti

Kızgın sulu sistemlerdeki asıl genleşme, sisteme dışarıdan beslenen suyun sıcaklığı ile kazandan çıkan kızgın suyun sıcaklığı arasındaki farktan kaynaklanmaktadır. Örneğin, 100-150°C'de çalışacak olan bir sistemde, ilk ısıtma yapılmadan önce 5-20°C aralığında bir sıcaklığa sahip olan su 150°C'ye kadar ısınacaktır. Bu ısıtma işlemi sonucunda sistemdeki su genleşecektir. Bu genleşmeyi karşılamak için kullanılacak olan tank da çok büyük olacaktır. Sistem çalışmaya başlayıp rejime girdikten sonra,

genleşme sadece dönüş suyunda gerçekleşecektir. Yani, sistem rejime girdikten sonra genleşme, hem sistemdeki su miktarının yarısı kadarında hem de 20-150°C aralığı yerine 100-150°C aralığında olacaktır. Bu nedenle tank kapasitesi hesaplanırken, genleşme yüzdesinin yarısı kullanılır ve genleşme 100-150°C aralığında olacakmış gibi hesaplanır. Böylece uygulamada kullanılacak olan kapalı genleşme tankı, sistemin rejime girmiş haldeki genleşmeleri karşılayacak şekilde seçilmiş olur. İlk devreye alma esnasında sistemde oluşacak olan ekstra genleşmeler, elle atmosfere açık olan besi tankına atılır ve böylece basınç dengelenmiş olur. Gerek duyulduğunda bu besi tankından sisteme geri besleme yapılabilir.

Sistemde genleşecek su hacmi (ΔV): Sistemdeki sıcaklık artışı sonucu genleşecek suyun miktarını hesaplamak için, tesisattaki su hacmini (V_A), belli sıcaklıklara göre farklılık gösteren genleşme katsayısı (n) ile çarparak bulabiliriz. Tablo 1.'de hem normal suyun hem de antifrizli suyun genleşme faktörleri verilmiştir:

Tablo 1. Antifriz Kullanım Yüzdesine Bağlı Olarak Suyun Genleşme Katsayıları (n)

Sıcaklık °C	Antifrizsiz sade su	%10 Antifrizli	%20 Antifrizli	%30 Antifrizli	%40 Antifrizli	%50 Antifrizli
10	0,0004	0,0032	0,0064	0,0096	0,0128	0,0160
20	0,0018	0,0050	0,0082	0,0114	0,0146	0,0178
30	0,0044	0,0076	0,0108	0,0140	0,0172	0,0204
40	0,0079	0,0111	0,0143	0,0175	0,0207	0,0239
50	0,0121	0,0153	0,0185	0,0217	0,0249	0,0281
60	0,0171	0,0203	0,0235	0,0267	0,0299	0,0331
70	0,0228	0,0260	0,0292	0,0324	0,0356	0,0388
80	0,0290	0,0322	0,0354	0,0386	0,0418	0,0450
85	0,0321	0,0357	0,0389	0,0421	0,0453	0,0485
90	0,0359	0,0391	0,0423	0,0455	0,0487	0,0519
95	0,0396	0,0429	0,0461	0,0493	0,0525	0,0557
100	0,0435	0,0467	0,0499	0,0531	0,0563	0,0595
105	0,0474	0,0507	0,0533	0,0571	0,0601	0,0635
107	0,0491	0,0523	0,0555	0,0587	0,0619	0,0651
110	0,0515	0,0547	0,0579	0,0611	0,0643	0,0675
120	0,0603	0,0635	0,0667	0,0699	0,0731	0,0763
130	0,0697	0,0729	0,0761	0,0793	0,0825	0,0857

$$\Delta V = V_A \cdot n \quad (2)$$

$$n = n_2 - n_1 \quad (3)$$

Tablo 1.'de bulunan sıcaklık değeri 130°Cnin üzerindeki sıcaklıkları içermediği durumlarda Tablo 2. kullanılarak gerekli genleşme faktörü hesaplanabilir. Örneğin dönüş suyunun 100°C'de olduğunu ve genleşme faktörünü öğrenmek istediğimiz sıcaklığın 150°C olduğunu kabul edelim. 150°C için genleşme faktörünü (n) hesaplayacak olursak;

$$n = \left(\frac{V'_2 - V'_1}{V'_1} \right) \cdot \frac{1}{2} \quad (4)$$

eşitliğini kullanabiliriz. Burada V'_1 , 100°C sıcaklıktaki suyun özgül hacmi; V'_2 ise 150°C sıcaklıktaki suyun özgül hacmi olmak üzere tablodan bu değerler bulunur ve yukarıdaki eşitlikte yerlerine konularak aşağıdaki gibi;

$$n = \left(\frac{1,0906 - 1,0435}{1,0435} \right) \cdot \frac{1}{2} = 0,023 \text{ değerini bulabiliriz.}$$

Tablo 2. Belirli Sıcaklıklardaki Suyun Özgöl Ağırlığı ve Hacmi

Sıcaklık	Özgöl Ağırlık	Hacim	Sıcaklık	Özgöl Ağırlık	Hacim		
t(°C) T(K)	kg/m ³	m ³ /ton	t(°C) T(K)	kg/m ³	m ³ /ton		
0	273	999,8	1,0002	75	348	974,9	1,0258
2	275	999,9	1,0001	80	353	971,8	1,0290
4	277	1000,0	1,0000	85	358	968,7	1,0323
6	279	999,9	1,0001	90	363	965,3	1,0359
8	281	999,8	1,0002	95	368	961,9	1,0396
10	283	999,6	1,0004	100	373	958,3	1,0435
12	285	999,4	1,0006	110	383	951,0	1,0515
14	287	999,2	1,0008	120	393	943,1	1,0603
16	289	998,8	1,0012	130	403	934,8	1,0697
18	291	998,5	1,0015	140	413	926,1	1,0798
20	293	998,2	1,0018	150	423	916,9	1,0906
22	295	997,7	1,0023	160	433	907,4	1,1021
24	297	997,2	1,0028	170	443	897,3	1,1144
26	299	996,7	1,0033	180	453	886,9	1,1275
28	301	996,1	1,0039	190	463	876,0	1,1415
30	303	995,6	1,0044	200	473	864,7	1,1565
32	305	994,9	1,0051	210	483	852,8	1,1726
34	307	994,2	1,0058	220	493	840,3	1,1900
36	309	993,5	1,0065	230	503	827,3	1,2088
38	311	992,9	1,0072	240	513	813,6	1,2291
40	313	992,2	1,0079	250	523	799,2	1,2512
42	315	991,4	1,0087	260	533	784,0	1,2755
44	317	990,6	1,0095	270	543	767,9	1,3023
46	319	989,8	1,0103	280	553	750,7	1,3321
48	321	988,9	1,0112	290	563	732,3	1,3655
50	323	988,0	1,0121	300	573	712,5	1,4036
55	328	985,7	1,0145	320	593	667,1	1,4990
60	333	983,2	1,0171	340	613	609,4	1,6410
65	338	980,5	1,0199	360	633	524,4	1,9070
70	343	977,7	1,0228	374	647	358,4	2,7900

Çalışma rejmi ve özellikleri belli olan bir sistemde maksimum çalışma basıncını belirlemek gerekir bu konuda aşağıda bir örnek verilmiştir.

Örnek:

Şekil 14.'deki sistemin 100-140°C sıcaklık aralığında çalıştığını düşünelim. Buna göre verilen formül ve tablodan faydalanırsak, suyun genleşme faktörü aşağıdaki gibi olacaktır:

$$n = \left(\frac{V'_2 - V'_1}{V'_1} \right) \cdot \frac{1}{2} = \left(\frac{1,0798 - 1,0435}{1,0435} \right) \cdot \frac{1}{2} = 0,017$$

Sistemimizdeki toplam su hacminin $120m^3$ olduğunu kabul ederek sistemde genişleyecek su miktarını hesaplayacak olursak,

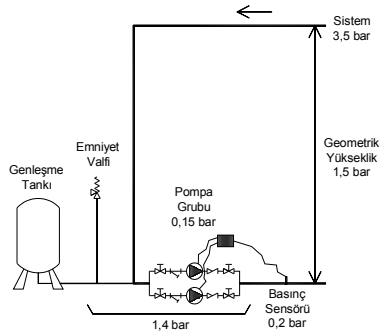
$$V_{genleşme} = V_A \cdot n$$

$$V_{genleşme} = 120m^3 \cdot 0,017 = 2,04m^3$$

sonucu bulunur. Sistemdeki toplam su hacmini kullanmamıza rağmen genişleme faktörünün yarısını aldığımız için, sadece dönüş hattındaki genişleme miktarını bulmuş olduk.

Şimdi genişleme tankının çalışacağı minimum ve maksimum çalışma basınçlarını belirleyelim. Minimum çalışma basıncı temel olarak; sistemin çalışma sıcaklığındaki suyun doymuş buhar basıncından, statik yükseklikten ve emniyet payından oluşur. Sistem çalışmasında ± 1 'lik bir tolerans kabulü ile sıcaklık $141,4-138,6^\circ C$ arasında dalgalanacaktır. Burada maksimum normal sıcaklığımız $142^\circ C$ olacaktır; ancak buna anlık değişimlerin kompanse edilmesi için yaklaşık $3^\circ C$ 'lik bir artırımla maksimum sıcaklığı $145^\circ C$ kabul edelim. Sistem çalışırken kazanın devreye girip çıkmalarındaki gecikmelerini de göz önünde bulundurmak için $\pm 3^\circ C$ 'lik bir tolerans ile en yüksek sıcaklığı $148^\circ C$ kabul ederiz. Bu sıcaklıktaki doymuş buhar basıncı $3,5$ bar'dır.

Sistemde dolaşan suyun, genişleme kabından maksimum 15 metre yukarıda bir devrede dolaştığını varsayalım. Bu yükseklik bize $1,5$ bar'lık ek bir basınç getirecek ve bununla birlikte basınçlandırma sistemi tarafından sağlanması gereken minimum değer, yani minimum sistem basıncı 5 bar olacaktır. Pompayla basınçlandırılan bu sistemde; pompa ve boşaltma valfinin $1,4$ bar gibi bir aralıkta çalışacağını düşünüp, pompanın $0,15$ bar'lık bir gecikme ile devreden çıkacağını ve basınç sensörünün de yaklaşık $0,2$ bar'lık bir toleransa sahip olduğunu kabul edersek, sistemimizin maksimum basıncı $6,75$ bar olacaktır.

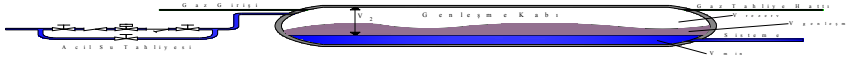


Şekil 14. Genleşme Kabı Üst Basıncına Etki Eden Bazı Faktörler

Sistem işletmeye girdiği zaman, pompanın sistem üzerinde oluşturacağı basıncı da göz önünde bulundurmak gerekir ve bunun için de kazan seçimi yaparken, kazanın maksimum basıncı sistem minimum basıncının yaklaşık %50 fazlası olarak seçilmelidir. Yani bu durumda bizim kazan basıncımız $7,5$ bar olacaktır.

4.3.2. Asal Gaz İle Basınçlandırılan Kızgın Su Sistemlerinde Tankın Boyutlandırılması

Son olarak tank hacmini hesaplamak için, aşağıdaki şekilden faydalanabiliriz:



Şekil 15. Kızgın Sulu Sistemde Genleşme Tankı

Suyun genleşme işleminde sıkışan veya genişleyen azot gazı için Boyle-Mariotte kanununu uygulayacak olursak; gazların hacim ve basınçları arasındaki ilişkiye bağlı olarak aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

$$V_{rezerv} \cdot P_{\bar{u}} = V_2 \cdot P_{alt} \rightarrow V_2 = V_{rezerv} + V_{genleşme} \quad (5)$$

Bu iki ifadeden ilki, ikincisinde yerine konulursa aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$V_{rezerv} \cdot P_{\bar{u}} = (V_{rezerv} + V_{genleşme}) \cdot P_{alt}$$

$$V_{rezerv} \cdot P_{\bar{u}} = V_{rezerv} \cdot P_{alt} + V_{genleşme} \cdot P_{alt}$$

$$V_{rezerv} \cdot (P_{\bar{u}} - P_{alt}) = V_{genleşme} \cdot P_{alt}$$

$$V_{rezerv} = V_{genleşme} \cdot P_{alt} / (P_{\bar{u}} - P_{alt}) \quad (6)$$

Bu eşitlikte de önceden bulmuş olduğumuz değerleri yerlerine koyarak gerekli olan tank hacmini hesaplayabiliriz.

$$V_{rezerv} = (2,04) \cdot 5 / (6,75 - 5) = 5,83 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 5,83 + 2,04 = 7,87 \text{ m}^3$$

Bu sonuçtan hareketle yatık bir tank kullanılması durumunda depo boyutu:

Yatık tanklarda $V_{minimum}$ hacmi toplam hacmin yaklaşık olarak 1/3'ü kadardır; dolayısıyla V_2 hacminin yarısına eşittir.

$$V_{minimum} = 7,87 / 2 = 3,94 \text{ m}^3$$

$$V_{toplam} = V_2 + V_{minimum} = 7,87 + 3,94 = 11,81 \text{ m}^3$$

Dikey bir tank kullanılması durumunda depo boyutu:

Eğer bir dikey tank kullanılacaksa, yatık tanktaki gibi aynı hesaplama yolunu takip edip sadece V_3 hacmini toplam hacmin 1/5'i kadar alınması gerekir. Bunun içinse V_2 hacmi 4'e bölünür. Buna göre dikey tank hacmi;

$$V_{minimum} = 7,87 / 4 = 1,97 \text{ m}^3$$

$$V_{toplam} = V_2 + V_{minimum} = 7,87 + 1,97 = 9,84 \text{ m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

Genleşme tanklarının kapasite seçimi yapılırken, tank boyutları ve tankların montaj koşulları göz önünde bulundurulmalıdır. Genellikle dik tanklar yataylara göre daha çok tercih edilir ve daha iyi kontrol özelliklerine sahiptir. Çünkü dik tanklarda birim hacimdeki seviye değişimi, yatay tipteki tanklara

göre daha büyüktür, bu nedenle daha gözle görülür seviye kontrolüne olanak tanır. Bunun dışında su ile temas eden yüzey daha az olduğundan, azotun suda çözülme miktarı da azalmaktadır. Kızgın sulu sistemlerde basınçlandırma amacı ile kesinlikle asal gazlar (örneğin azot) kullanılmalıdır; çünkü asal gazlar yerine hava kullanılan sistemlerde korozyon kaçınılmazdır.

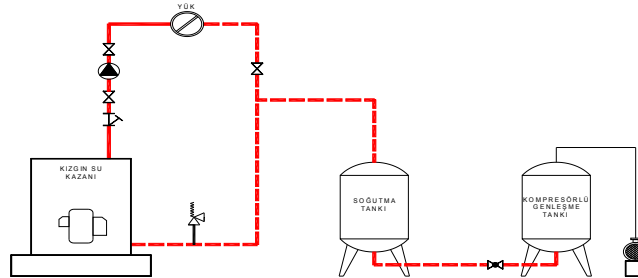
Tank kapasiteleri arttıkça sırasıyla yatık tanklar, pompa kontrollü tanklar ve kompresörlü tanklar kullanılmaktadır.

4.4. Pompa Kontrollü Kapalı Genleşme Depoları İle Basınçlandırma

Bu sistemin kızgın suya uygulanabilmesi için tankların yine bir asal gaz ile atmosfer basıncının biraz üzerinde kalacak şekilde (0,4 bar yeterlidir) basınçlandırılması gerekir. Kaynar su söz konusu olduğundan atmosfere açık olan tank kullanılması olanaksızdır, derhal flaş buhar oluşur. Pompalı sistem, basıncı sabit tutmak ve genleşmeleri almak anlamında çok uygun bir sistem gibi görünmekle birlikte, sudaki en küçük hacim değişikliğinde veya dalgalanmada, pompa devreye girip çıkacaktır. Yani pompanın arızalanma ihtimali arttıracaktır. Bu durumda, küçük dalgalanmaları alacak bir genleşme tankı ilave etmek gerekecektir. Çok yaygın kullanıma sahip değildir, genellikle büyük tesislerde kullanımı söz konusudur.

4.5- Membranlı Değişken Basıncı Veya Sabit Basıncı (Kompresör Kontrollü) Kapalı Genleşme Depoları İle Basınçlandırma

Genel olarak çok küçük olmayan, merkezî olarak kurulmuş, yüksek sıcaklık gerektiren sistemlerde, membranlı tankların kullanılması tavsiye edilmez. Kaynar sulu sistemlerde, eğer membranlı kapalı genleşme tankı kullanılıyorsa, suyun tanka girmeden önce 100°C'nin altına düşürülmesi genleşme tankının ömrü bakımından doğru olacaktır. Çünkü tank içerisindeki gaz ile suyu birbirinden ayıran membran malzemesi, bu sıcaklığın üzerinde zarar görmektedir. Bunun için genleşme tankından hemen önce, aşağıdaki Şekil 16.'da görüldüğü gibi bir soğutma tankı kullanılır.



Şekil 16. Kızgın Sulu Sistemde Genleşme Tankı Bağlantısı

Sistemden dönen su, soğutma tankında soğutulup kapalı genleşme deposuna girdiği zaman çalışma sistemi sıcak sulu sistemlerle aynı olmaktadır. Sistem rejime girmeden önce ortam sıcaklığında bulunan soğutma tankının içerisindeki su da ortam sıcaklığında olacaktır. Böylece ortam sıcaklığındaki su ile kızgın su karışacak, karışım sonrası su sıcaklığı istediğimiz değerlere düşecektir.

Membranlı genleşme tanklarının montajı için çok büyük alan gereksinimi olacaktır. Çok küçük ölçekli ve yüksek sıcaklık kullanılmayan sistemlerde ekonomik olabilir. Genleşme kabında kullanılan membranın, yüksek sıcaklığa dayanımı ve genleşme kabındaki değişken basıncın çok iyi hesaplanması gerekir. Sistemdeki basıncın, hiçbir noktada suya ait buharlaşma basıncının altına düşürülmemesi gerekir. Membranlı tanklardaki basınç salınımı, bu anlamda dikkatle hesaplanmalıdır. Yine sabit basınç istendiği takdirde ve sistem çok büyük ise, kompresör kontrollü sistem kurulabilir; ancak membranın yine yüksek sıcaklıktan korunması gerekir. Hava ile basınçlandırılan sistemler, havadan kaynaklanan korozyon riski yüzünden tamamen uygulamadan kalkmıştır.

En yaygın uygulanan metot, asal bir gaz ile basınçlandırılan sistem kurulumudur. Sistemin devreye alınmasında ve sıcaklık kontrolündeki kolaylık, dur-kalka müsait olması gibi özellikler bu sistemi öne çıkartmaktadır.

SONUÇ

Merkezi kızgın su tesisatlarında en önemli konunun sistemin doğru basınçlandırılması ve genleşmelerin alınması olduğu görülmüştür. Buhar ile basınçlandırılan sistemlerin asal gaz ile basınçlandırmaya göre daha az tercih edildiği anlaşılmaktadır. Kızgın su sistemlerinin ciddi bir mühendislik gerektirdiği anlaşılmaktadır. Sistemin her hangi bir noktasında sistem basıncının o bölgedeki suyun doyma basıncının altına düşmemesi çok önemli olmaktadır. Özellikle kot farkının fazla olduğu saha dağılımlarında detaylı bir kot ve basınç analizi yapmak gerekmektedir, sistemdeki maksimum ve minimum basıncın tespiti ancak bu analizler de dikkate alınarak yapılabilir. Sistemde kızgın basınçlı bir su dolaştığı unutulmamalıdır. Isıtma kazanlarından başlayarak saha istasyonları boru dağılımları ve pompa seçim ve montajları gibi birçok konu belirli kural ve hesaba bağlı olarak proje aşamasında ele alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] DURMAZ A., "Merkezî Şehir ve Bölge Isıtma Sistemleri", II. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir,1995.
- [2] ASHRAE EL KİTABI 2004, "Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri ve Ekipmanları", TTMD Derneği Teknik Yayın no:17.
- [3] GÜRDAL E., "Merkezî Şehir ve Bölge Isıtma Sistemleri", II. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir,1995.
- [4] "Kızgın Sulu, Kızgın Yağlı ve Buharlı Isıtma Sistemleri" TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yayın No: MMM/2001/282.
- [5] BİLGİÇ M., "Kazan Dairesi El Kitabı" Üniversal Makine ve Isı San. Tic. A.Ş. Teknik Yayını.
- [6] RECKNAGEL - SPRENGER SCHRAMEK, "Isıtma + Klima Tekniği" Kasım, 2003.
- [7] RİTSCHHEL H., "Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Tekniği" İstanbul, 1973.
- [8] "Kalorifer Tesisatı", Isısan Çalışmaları, NO: 265.
- [9] PETİTJEAN R., "Total HydronikBalancing", Sweden, 1994.

ÖZGEÇMİŞ

Veli DOĞAN

1980 yılında Ege Üniversitesi Makina Fakültesini Makina Mühendisi olarak bitirmiştir. 1982 yılında İTÜ Makina Fakültesinde Enerji dalında yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. 1986 yılına kadar yurt içi ve yurt dışında özel sektörde çalışmıştır. 1986 yılında Vemeks Mühendislik Ltd. Şti'ni kurmuştur. Isı pompaları ve ısı geri kazanım sistemleri üzerinde çalışmalarını yoğunlaştırmıştır. Muhtelif sempozyumlarda bu konularla ilgili bildiriler sunmuş ve makaleler yayınlamıştır. Doktora çalışmasını 9 Temmuz 2001 yılında tamamlamıştır. Türkiye'deki ilk kez deniz suyundan-suya ısı pompası sistemini kurmuş ve 1.000 kW'ın üzerinde sistemler kurulmasına öncülük etmiştir. Türkiye'nin bu konuda ki en yüksek kapasiteli sistemini (1.800 kW Sun-Gate Port Royal Otel) 2005 yılında Antalya'da devreye almıştır. Sulu VRF uygulamalarına öncülük ederek, yine toprak kaynaklı VRF uygulamasını ülkemizde ilk kez kuyu suyundan ısı pompası-VRF uygulaması olarak (2.000 kW SheMall AVM) 2007 yılında Antalya/Lara'da devreye almıştır. Akdeniz Üniversitesi Makine Fakültesinde kurulduğu günden beri ısı alanında muhtelif dersler vermektedir. Üniversite ve sanayi arasındaki ilişkiyi kuvvetlendirmek için sanayide ve üniversitede çalışmalarını sürdürmektedir. Veli Doğan, Yurt içinde ve Yurt dışında HVAC konusunda proje ve taahhüt yapan Vemeks Mühendislik Ltd. Şti'nin dizayn mühendisi ve yöneticisi

olarak çalışmalarına devam etmektedir. Veli Doğan ve ekibi Mega yapıların mekanik tesisat işlerinin projelendirilmesinde uzmanlaşmıştır. En son Kazakistan'ın başkenti Astana'da bulunan Han adıırı'na ait mekanik tesisat uygulama projelerini başarı ile tamamlamışlardır. Bahsi geçen bina sorunsuz olarak işletmeye alınmıştır.

Cemre DOğAN İLHAN

1980 Ankara doğumludur. 2003 yılında Doğu Akdeniz Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2003-2006 yılları arasında Vemeks Mühendislik İtdşti'de Isıtma soğutma ve havalandırma üzerine sorumlu mühendis olarak çalışmıştır. 2006 yılında tesisat mühendisliği üzerine kendi şirketini faaliyete geçirmiştir. 2007 yılında Süleyman Demirel üniversitesinden Yüksek lisans ünvanını almıştır. Halen Vemeks Mühendislik İtdşti ile beraber kendi kurmuş olduğu şirkette çalışmalarını sürdürmektedir.