

Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Kojenerasyon Sistemlerinin Kısmi Yüke Göre Verimliliğinin Karşılaştırılması

Muharrem İMAL

Ayhan ONAT

KSÜ, Kahramanmaraş Meslek Yüksekokulu, Teknik Programlar, Kahramanmaraş

ÖZET

Bu çalışmada, tekstil endüstrisinde kullanılan kojenerasyon sistemlerinden ara buhar almalı ve karşı basınçlı sistemlerinin kısmi yüke göre verimliliği karşılaştırılmıştır. Kojenerasyon sistemlerinin termodinamik analizi bilgisayar programı ile sürekli akışlı, sürekli açık sistem koşulları dikkate alınarak yapılmıştır. Her iki kojenerasyon sisteminin değişen kısmi yük (%25, %50, %75 ve %100) değerlerinde ürettikleri ısı ve elektrik miktarları karşılaştırılmıştır. Elektrik üretmek için ara buhar almalı sistemin düşük kısmi yükte, proses ısısı elde etmek için ise tam yükte çalıştırılmasının verimi artıracığı tespit edilmiştir. Karşı basınçlı sistemde ise elektrik ve proses ısısı üretmek için tam yükte çalıştırılmasının verimi artıracığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Kısmi yük, kojenerasyon, tekstil, termodinamik analiz.

Comparison of the Efficiency of Cogeneration Systems Used in the Textile Industry According to Partial Load

ABSTRACT

In this study, a comparison of the efficiency of the extraction-condensing steam system and back pressure steam system (both are included in cogeneration systems used in textile industry) was made in terms of partial load. With a computer program, thermodynamic analysis of cogeneration systems was completed considering the steady flow process in control volume method. For both cogeneration systems heat and power produced in changing partial loads (25%, 50%, 75%, and 100%) were compared. The results of the study showed that, efficiency is increased if the extraction-condensing steam is operated with low partial load to produce electricity, and with full load to produce processing heat. In the back pressure steam system, on the other hand, the efficiency is increased if the system is operated with full load both for electricity and processing heat production.

Key Words: Partial load, cogeneration, textile, thermodynamics analysis.

GİRİŞ

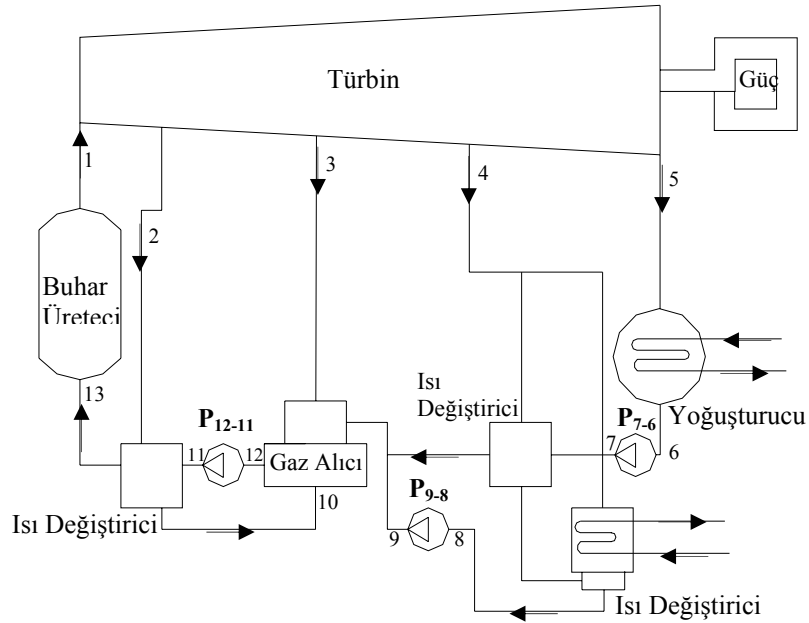
Günümüzde dünyada kullanılan enerjinin hemen tamamı fosil kaynaklardan elde edilmektedir. Tekstil endüstrisinde de hem buhar hem de elektrik üreten tesislerin kullandığı enerji kaynağı fosil esaslı yakıtlardır. Rekabetin küreselleştiği günümüz dünyasında tekstil endüstrisinin elektrik ve ısı ihtiyacını karşılamak maliyet giderlerini azaltmak en büyük problemdir. Ulusal enerji politikaları dikkate alındığında, bu sorunu ortadan kaldıran en önemli tesislerin başında kojenerasyon sistemleri gelmektedir (Roy-Aikins, 1995). Kojenerasyon sistemlerinin tekstil sektöründe devreye alınması ile işletmenin ihtiyacı olan elektrik ve buhar üretiminin

yapılacaktır. Bunun yanında, üretilen elektriğin ulusal şebekeye satılmasıyla sektörün karlılığı artmış sermayenin etkin kullanımı sağlanmış olacaktır (Casella ve ark., 2001). Kojenerasyon uygulamaları enerji giderlerini azaltacağından tekstil sektörünü rekabet gücünü arttıracaktır. Bu açıdan bakıldığında tekstil işletmelerinde uygulanacak kojenerasyon sistemleri şu faydaları getirecektir. İşletmelerin ihtiyacı olan enerjinin karşılanmasında optimum maliyetler ele edilecektir (Scarlin, 1996). Sistem küçük güç ve boyutlarda inşa edileceğinden az yer kaplayacak işletmesi kolaylaşacaktır. Uygulanabilir yakıt alternatifleri fazla ve hat kayıpları yoktur. Kojenerasyon sisteminin kurulmasıyla enerji ekonomisinin ve enerjinin kullanımındaki verimliliğinin artacağı ortaya çıkmaktadır (Dilip, 1984). Klasik güç santrallerinde fosil esaslı yakıt enerjisinin üçte biri elektrik enerjisine dönüştürülebilir, üçte ikisi ise soğutma suyu olarak çevreye atılır. Bu nedenle kojenerasyon sistemlerinin ısı ve elektrik üretiminde kullanılması termodinamik olarak en etkili yöntemdir (Philips, 1979; Horlock, 1987).

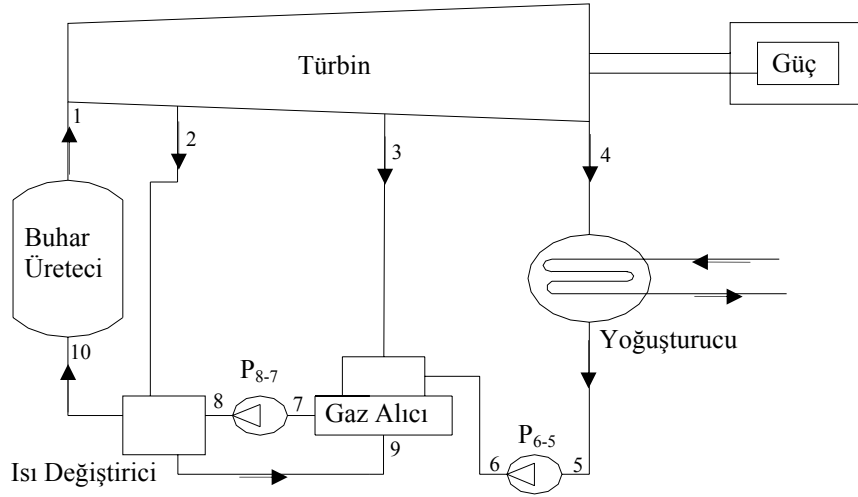
MATERYAL VE METOT

Kojenerasyon Sistemleri

Isı ile kuvvetin birlikte üretildiği kojenerasyon sistemlerinde en önemli açık sistem bir buhar türbinidir ya da gaz türbinidir. Buhar türbinleri aşağıda açıklanacağı gibi ara buhar almalı tipte veya karşı basınçlı tipte olabilirler. Şekil 1 ve Şekil 2’de sırasıyla ara buhar almalı kojenerasyon sistemi ile karşı basınçlı kojenerasyon sistemi gösterilmektedir.



Şekil 1. Ara buhar almalı kojenerasyon sistemi.



Şekil 2. Karşı basınçlı kojenerasyon sistemi.

Ara buhar almalı sistemde, buhar yoğuşturucu basıncına kadar genişletilir ve proses sıcaklığına karşılık gelen doyma basıncında bir ara buhar alma işlemi gerçekleştirilir. Karşı basınçlı sistemde ise buhar sadece proses sıcaklığına karşılık gelen doyma basıncına Ara buhar almalı türbinin en önemli üstünlüğü kısmi ısı yüklerinde bile elektrik üretiminin artırılabilmesidir. Diğer taraftan karşı basınçlı türbinler, basit bir yük kontrol mekanizmasına sahip olmanın yanında, ilk yatırım harcamalarının düşük olması gibi bir üstünlüğe de sahiptirler. Bu sistemlerin ikisi de yaygın bir kullanım alanına sahiptir (Dvorak, 1985; Malhauser, 1987; Olikar, 1989).

Termodinamik Analiz ve Kabuller

Açık sistemlerin çoğunda sistem özellikleri zamandan bağımsızdır. Sistem sınırları sabit ve içerisinde alınan tüm noktalarda akışkanın sahip olacağı özellikler sadece konuma bağlı olup zamandan bağımsızdır. Ayrıca sürekli rejimde çalışan bir sistemin sınırlarından birim zamanda geçen ısı, iş ve kütle miktarları sabittir. Sürekli akışlı, sürekli açık sistemlerde enerji denklemi (Çengel ve Boles, 1996);

$$\dot{Q} - \dot{W} + \sum \left(h_g + \frac{V_g^2}{2} + gz_g \right) \dot{m}_g - \sum \left(h_c + \frac{V_c^2}{2} + gz_c \right) \dot{m}_c = 0 \quad (1)$$

şeklinde yazılır. Sürekli akışlı, sürekli açık sistemlerin bütün özellikleri gibi kütlesi de zamandan bağımsızdır. O zaman süreklilik denklemi 2 nolu eşitlikle ifade edilir.

$$\sum \dot{m}_g = \sum \dot{m}_c \quad \text{veya} \quad \sum \dot{m} = 0 \quad (2)$$

Uygulamada karşılaşılan açık sistemlerin çoğunda sadece giriş ve bir çıkış noktaları vardır. Böyle bir sistem için süreklilik denklemi,

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m} \quad (3)$$

ve termodinamiğin birinci kanunu:

$$\dot{Q} - \dot{W} + \left[(h_1 - h_2) + \left(\frac{V_1^2 - V_2^2}{2} \right) + g(z_1 - z_2) \right] \dot{m} = 0 \quad (4)$$

yazılır. Burada \dot{m} sistemden birim zamanda geçen akışkanın kütesidir. \dot{Q} ve \dot{W} ise birim zamanda sistemle çevre arasında alınıp verilen ısı ve iş miktarlarını göstermektedir. Uygulamada en çok kullanılan temel denklemlerden biridir. Buhar türbinlerinde sistemin içinden sürekli geçen akışkan bir gazdır. Bu gibi hallerde giriş ve çıkış kesitleri arasında potansiyel enerjide meydana gelen değişme ihmal edilebilir. Türbinlerde giriş ve çıkış kesitlerinin alanları, giriş ve çıkış hızları birbirine yakın olacak şekilde seçilir. Bu nedenle kinetik enerjide meydana gelen değişme ihmal edilebilir. Diğer taraftan türbin içerisinde büyük bir hızla akmakta olan akışkanın giriş ve çıkış kesitleri arasında birim kütle başına kazandığı veya kaybettiği ısı miktarı da çok düşüktür ve ihmal edilmiştir. Böylece 5 nolu eşitlik,

$$\dot{W} = \dot{m}(h_1 - h_2) \quad \text{veya} \quad w = (h_1 - h_2) \quad (5)$$

şeklinde yazılabilir.

Yukarıdaki 2 nolu eşitlikte verilen süreklilik denklemi kullanılarak Şekil 1 ve şekil 2'deki hal değişim noktalarından birim zamanda geçen kütle miktarları hesaplanmıştır. Termodinamik analizler için yukarıdaki 2, 4 ve 5 nolu eşitlikler kullanılmıştır.

Ara buhar almalı kojenerasyon sistemi için :

Süreklilik denklemine göre türbinden geçen kütleli debi;

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3 + \dot{m}_4 + \dot{m}_5 \quad (6)$$

Net türbin işi;

$$\begin{aligned} \dot{W}_t = & \dot{m}_1(h_1 - h_2) + (\dot{m}_1 - \dot{m}_2) \cdot (h_2 - h_3) + (\dot{m}_1 - \dot{m}_2 - \dot{m}_3) \cdot (h_3 - h_4) \\ & + (\dot{m}_1 - \dot{m}_2 - \dot{m}_3 - \dot{m}_4) \cdot (h_4 - h_5) \end{aligned} \quad (7)$$

Toplam pompa işi;

$$\dot{W}_p = \dot{m}_5(h_7 - h_6) + \dot{m}_4(h_9 - h_8) + \dot{m}_1(h_{12} - h_{11}) \quad (8)$$

Buhar üreticinin ısı yükü;

$$\dot{Q}_{BU} = \dot{m}_1 (h_1 - h_3) \quad (9)$$

Yoğuşturucu ısı yükü;

$$\dot{Q}_y = \dot{m}_5(h_5 - h_6) \quad (10)$$

Karşı basınçlı kojenerasyon sistemi için:

Süreklilik denklemine göre türbinden geçen kütleli debi;

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3 + \dot{m}_4 \quad (11)$$

Net türbin işi;

$$\dot{W}_t = \dot{m}_1(h_1 - h_2) + (\dot{m}_1 - \dot{m}_2) \cdot (h_2 - h_3) + \dot{m}_4(h_3 - h_4) \quad (12)$$

Toplam pompa işi;

$$\dot{W}_p = \dot{m}_4(h_6 - h_5) + (\dot{m}_2 + \dot{m}_3 + \dot{m}_4)(h_8 - h_7) \quad (13)$$

Buhar üreticinin ısı yükü;

$$\dot{Q}_{BU} = \dot{m}_1(h_1 - h_{10}) \quad (14)$$

Yoğuşturucu ısı yükü;

$$\dot{Q}_y = \dot{m}_4(h_5 - h_4) \quad (15)$$

Ara buhar almalı sistem için ısı yükü 9 nolu eşitlikten karşı basınçlı sistemin ısı yükü ise 14 nolu eşitlikten hesaplanmıştır. Proses işlemleri için sistemden çekilen ısı yükü; ara buhar almalı sistem için 10 nolu eşitlik, karşı basınçlı sistem için ise 15 nolu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Sisteme giren toplam ısı miktarı sistemden prosese verilen ısı miktarına bölünmüş, böylece giren ısı çıkan ısı oranı (QGC_o) 18 nolu eşitlik ile bulunmuştur. Pompaların tükettiği elektrik harcanan enerjidir. O halde tüketilen enerji, türbinlerden elde edilen enerjiden çıkarılırsa 16 nolu eşitlik ile üretilen net elektrik enerjisi miktarı bulunur. Elektrik ısı oranı, (WQ_o) çevrimden elde edilen elektrik miktarı aynı anda çevrimden çekilen ısı miktarına oranlanarak 17 nolu eşitlik ile bulunmuştur. Sonuçlarda elde edilen grafikler aşağıdaki eşitlikler kullanılarak çizilmiştir.

Jeneratörden elde edilen elektrik yükü ;

$$W = (W_t - W_p) \cdot \eta_g \quad (16)$$

Elektrik ısı oranı;

$$WQ_o = \frac{W}{Q_y} \quad (17)$$

Isı giriş çıkış oranı;

$$QGC_o = \frac{Q_{BU}}{Q_y} \quad (18)$$

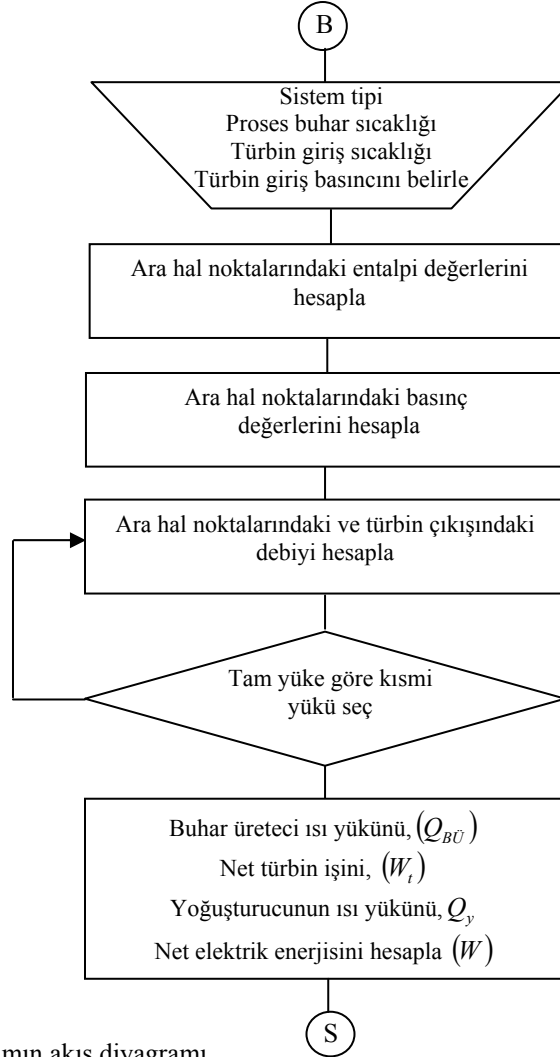
Sistemler incelenirken yapılan kabuller:

- Yoğuşturucu basıncı 10 kPa olarak sabittir.
- Türbinden besi suyu ısıtıcısına, ısı değiştiricisine ve yoğuşturucuya yapılan ara buhar alma işlemi esnasında ara buhar alma basıncının %5'ine eşit miktarda basınç kaybı meydana gelmektedir.
- Buhar kazanındaki basınç kaybı, türbin giriş basıncının %25'i oranında olacaktır.
- Besleme suyunda meydana gelecek entalpi artışı teorik ortalama değerin %70'i olarak kabul edilmiştir.
- Gaz alıcı ve yüksek basınçlı besleme suyu ısıtıcısının sonlu sıcaklık farkı 0°C olarak kabul edilmiştir. Düşük basınçlı besleme suyu ısıtıcısı ve yoğuşturucu için bu değer 5°C olarak kabul edilmiştir.
- Termodinamik analizde her iki çevrim için türbin giriş değerleri $P = 12$ MPa ve $T = 550$ °C esas alınmıştır. Entalpi birimi olarak h (kJ/kg) ve entropi birimi olarak s (kJ/kgK) kabul edilmiştir.
- Türbin verimi $\eta_t = 0,8$, pompaların verimi $\eta_p = 0,7$, jeneratör verimi $\eta_g = 0,95$ (Çengel ve Boles, 1996).

Programın Tanıtılması

Visual Fortran dilinde yazılan bu program üç bölümden oluşmaktadır. Bunlar, ara buhar almalı sistemin incelendiği bölüm, karşı basınçlı sistemin incelendiği

bölüm ve sistemde kullanılan akışkanlara ait özelliklerin hesaplanmasını sağlayan alt programlardır. İlk bölümde menü kısmı bulunmaktadır.



Şekil 3. Programın akış diyagramı.

Bu kısımda kojenerasyon sistemlerinin sıra numarası verilmekte ve ilk giriş değerlerinin hangi birim sisteminde ve hangi boyutta girileceği kullanıcıya gösterilmektedir. Daha sonra hesaplanması istenen özelliklerin numarasına göre program çalıştırılmaktadır. İlk giriş değerlerini akışkanın türbine giriş sıcaklığı oluşturmaktadır. Programda açık sistemin giriş ve çıkış özelliklerine ait entalpi, entropi, özgül hacim, basınç ve sıcaklık değerleri hesaplanmaktadır. Her iki kojenerasyon sisteminden de elde edilebilecek elektrik değeri (W), ısı değeri (Q)

elektrik ısı oranı (WQ_o) ve çevrime giren ısının çıkan ısıya oranı (QGC_o) yükten bağımsız ve yüke bağlı olarak hesaplanmaktadır. Her iki kojenerasyon sisteminde kısmi yükün değişim aralığı % $[25...100]$ alınmıştır. Programın her döngüsünde kısmi yük oranı program tarafından değiştirilerek, kısmi yükün değişimiyle birlikte sistemin her bir noktasından geçen akışkan debisi yeniden hesaplanmaktadır.

Bilgisayar programı, her iki sistem için 3 MPa, 250°C; 6 MPa, 350°C; 9 MPa, 450°C ve 12 MPa, 550°C değerlerine sahip türbin koşullarında çalıştırılmıştır. Şekil 3'de programın akış diyagramı gösterilmektedir.

Alt Programlar

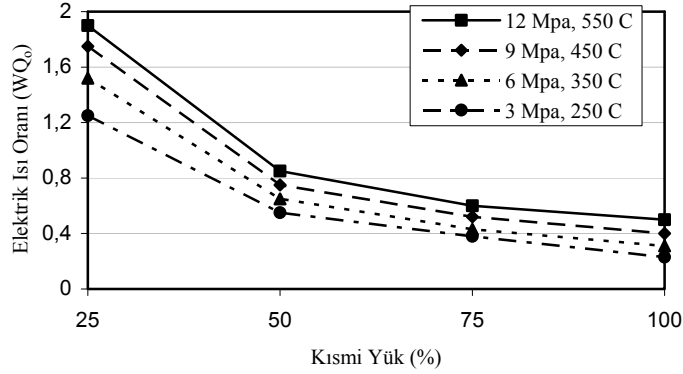
Programda on adet alt program vardır. Bunlar türbindeki genişleme esnasında entalpi ve entropi değerlerini hesaplamakta ve ayrıca verilmiş olan bir T sıcaklığı ve U özgül hacmi için kızgın buhar bölgesindeki akışkana ait iç enerji, entalpi ve entropi değerleri bulunmaktadır. Kojenerasyon sistemlerinin her bir noktasındaki sıcaklık ve basınç değerleri hesaplanmakta ve verilmiş olan bir T sıcaklığı ve P basıncı için sıkıştırılmış sıvının özellikleri de bulunabilmektedir. Bütün bunlar hesaplanırken termodinamik özelliklere ait sabit değerler ASHRAE'nin (ASHRAE Handbook, 1989) yayınlamış olduğu buhar tablolarından alınmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bilgisayar programı, her iki kojenerasyon sistemi için 3 MPa, 250°C; 6 MPa, 350°C; 9 MPa, 450°C ve 12 MPa, 550 °C değerlerine sahip türbin giriş koşulları ve kısmi yükte (%25, %50, %75 ve %100) aşağıdaki grafikler elde edilmiştir.

Ara buhar almalı kojenerasyon sisteminin, kısmi yük aralığında çalışması durumunda elektrik ısı oranı $WQ_o = 0,2-2$ arasında değişmektedir. Bu değer kısmi yükün düşük olduğu (%25-%50) aralığında elektrik üretiminin ısı üretiminden daha fazla olduğunu göstermektedir. Şekil 4'de görüldüğü gibi 12 MPa, 550°C türbin giriş koşulları için elektrik ısı oranı $WQ_o = 2$ civarındadır. Bu durumda %25 kısmi yükte elektrik üretimi ısı üretiminin iki katıdır. O halde işletmenin elektrik ihtiyacının fazla olduğu çalışma şartlarında ara buhar almalı kojenerasyon sistemi düşük kısmi yükte çalıştırılmalıdır. Bu duruma en uygun kısmi yük değerleri (%25-%50) aralığında bulunmaktadır. Yüksek kısmi yükte çalışması durumunda elektrik ısı oranı düşük hesaplanmaktadır. Bu durumda kısmi yükün fazla olduğu (%75-%100) aralığında ısı üretimi elektrik üretiminden fazladır. Yine 12 MPa, 550°C türbin giriş koşulları için elektrik ısı oranı $WQ_o = 0,5$ civarındadır. Bu durumda tam yükte ısı üretimi elektrik üretiminin 2 katıdır. O halde işletmenin ısı ihtiyacının fazla olduğu çalışma şartlarında (örneğin kış mevsiminde) ara buhar almalı kojenerasyon sistemi yüksek kısmi yükte veya tam yükte çalıştırılmalıdır.

Karşı basınçlı kojenerasyon sisteminin, kısmi yük aralığında çalışması durumunda elektrik ısı oranı $WQ_o = 0,18-0,5$ arasında değişmektedir. Bu değer kısmi yükün düşük olduğu (%25-%50) aralıkta ısı üretiminin elektrik üretiminden daha fazla olduğunu göstermektedir.

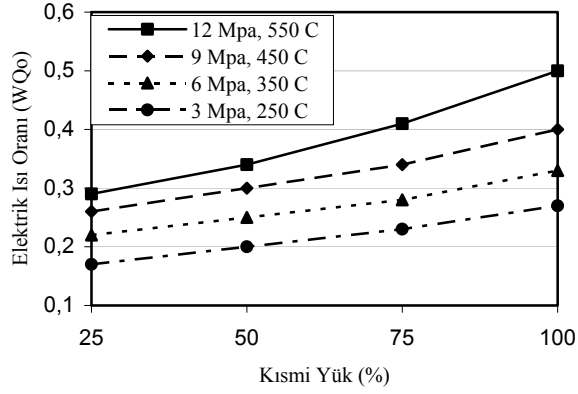


Şekil 4. Ara buhar almalı sistem için elektrik ısı oranının (WQ_o) kısmi yük ile değişimi.

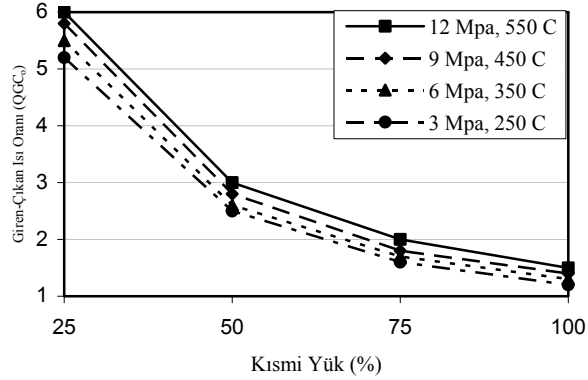
Şekil 5'e göre 12 MPa, 550°C türbin koşulları için düşük kısmi yük (%25-%50) aralığında elektrik ısı oranı $WQ_o = 0,3$ civarındadır. Bu değer ısı üretiminin elektrik üretiminden üç kat fazla olduğunu göstermektedir. O halde işletmenin ısı ihtiyacının fazla olduğu çalışma şartlarında karşı basınçlı kojenerasyon sistemi düşük kısmi yükte çalıştırılmalıdır. Yüksek kısmi yükte (%75-%100) aralığında veya tam yükte elektrik ısı oranı $WQ_o = 0,5$ civarındadır. Bu durumda ısı üretimi elektrik üretiminin 2 katıdır. Buna göre karşı basınçlı kojenerasyon sisteminde tam yükte çalışılması durumunda düşük kısmi yüke göre üretilen elektrik miktarı artmakta, üretilen ısı miktarı ise azalmaktadır. Enerji ekonomisi ve işletmenin verimliliği göz önüne alınır, karşı basınçlı kojenerasyon sistemi fazla elektrik ve yeterli ısı üretimi için en uygun şartlar olan tam yükte çalıştırılmalıdır.

Ara buhar almalı kojenerasyon sisteminin kısmi yükte çalışması durumunda kojenerasyon sistemine giren ve çıkan ısı oranı $QGC_o = 1-6$ arasında değişmektedir. Bu değer büyük olması kısmi yükün düşük olduğu (%25-%50) aralığında sisteme giren ısı miktarının prosese verilen ısı miktarından fazla olduğunu göstermektedir.

Şekil 6' da görüldüğü gibi 12 MPa, 550 °C türbin giriş koşulları için sisteme giren ve çıkan ısı oranı $QGC_o = 6$ dır. Bu durumda %25 kısmi yükte kojenerasyon sistemine giren ısı miktarı prosese verilen ısı miktarının 6 katıdır. O halde düşük kısmi yükte (%25-%50) aralığında kojenerasyon sistemine giren ısı enerjisinin büyük kısmı elektrik üretimi için kullanılmaktadır.

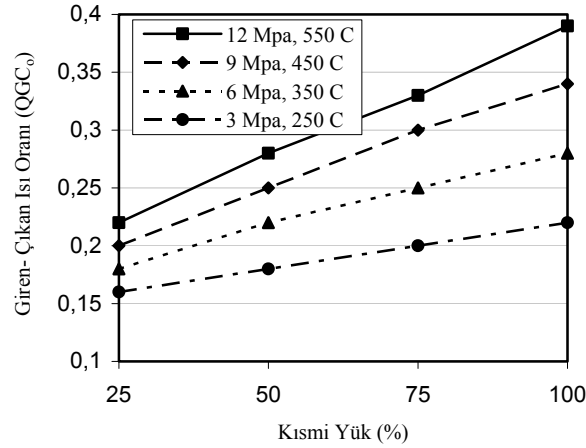


Şekil 5. Karşı basınçlı sistem için elektrik ısı oranının (WQ_o) kısmi yük ile değişimi.



Şekil 6. Ara buhar almalı sisteme giren-çıkan ısı oranının (QGC_o) kısmi yük ile değişimi.

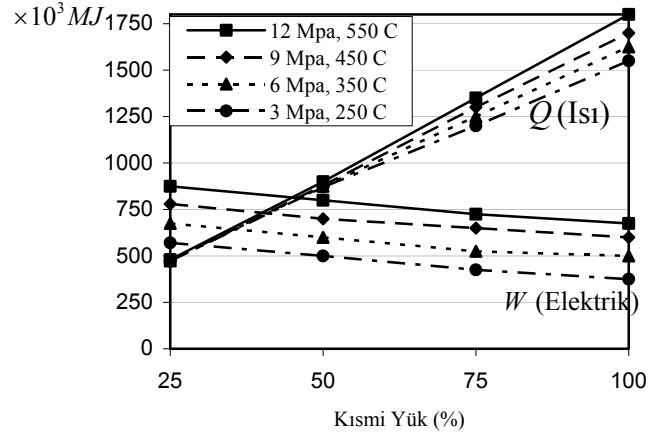
Yüksek kısmi veya tam yükte çalışıldığında kojenerasyon sistemine giren ısı ve çıkan ısı oranı küçüktür. Şekil 6'daki gibi 12 MPa, 550 °C türbin giriş koşulları için kojenerasyon sistemine giren ve çıkan ısı oranı $QGC_o = 1,5$ tur. Bu durumda tam yükte kojenerasyon sistemine giren ısı miktarı prosese verilen ısı miktarının 1,5 katıdır. O halde tam yükte kojenerasyon sistemine giren ısı enerjisinin büyük kısmı proses işlemleri için kullanılmaktadır. Ara buhar almalı sistem için hesaplanan elektrik ısı oranı WQ_o ve sisteme giren ve çıkan ısı oranı QGC_o tam bir uyum içindedir. Her iki değişkende ara buhar almalı kojenerasyon sisteminin elektrik üretimi için düşük kısmi yükte (%25-%50) aralığında, proseste kullanılacak ısı üretimi için de tam yükte (%100) değerinde çalıştırılması gerektiğini göstermektedir.



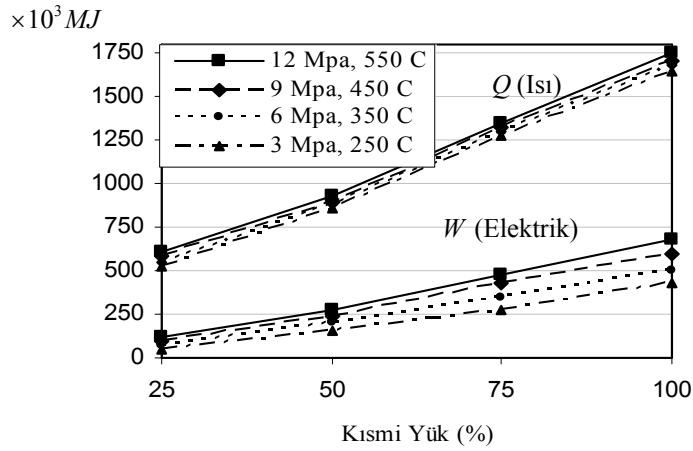
Şekil 7. Karşı basınçlı çevrime giren-çıkan ısı oranının (QGC_o) kısmi yük ile değişimi.

Karşı basınçlı kojenerasyon sisteminde giren ve çıkan ısı oranı $QGC_o = 0,16-0,4$ arasındadır. Şekil 7'ye göre 12 MPa, 550 °C türbin giriş koşulları için düşük kısmi yükte (%25-%50) aralığında giren ve çıkan ısı oranı $QGC_o = 0,22$ civarındadır. Buna göre kısmi yükün (%25-%50) aralığında proses işlemleri için kullanılan ısı miktarı, elektrik üretimi için kullanılan ısı miktarının 4 katıdır. O halde düşük kısmi yükte sisteme giren ısı enerjisinin büyük kısmı proses işlemleri için harcanmaktadır. Şekil 7'de görüldüğü gibi yüksek kısmi yükte veya tam yükte çalışılması durumunda sisteme giren ısı ve çıkan ısı oranı $QGC_o = 0,4$ civarındadır. Bu durumda tam yükte proses işlemleri için kullanılan enerji miktarı elektrik üretimi için kullanılan enerji miktarından fazladır. O halde karşı basınçlı sistem için hesaplanan elektrik ısı oranı WQ_0 ve sisteme giren ve çıkan ısı oranı QGC_o tam bir uyum içindedir. Her iki değişken de karşı basınçlı kojenerasyon sisteminin hem yüksek elektrik üretimi için hem de ısı üretimi için tam yükte çalıştırılması gerektiğini göstermektedir.

Ara buhar almalı kojenerasyon sisteminde üretilen elektrik ve prosese verilen ısı miktarının kısmi yük ile değişimi görülmektedir. Düşük kısmi yükte (%25-%50) aralığındaki ısı miktarı, üretilen elektrik miktarından düşüktür. Şekil 8'deki gibi 12 MPa, 550 °C türbin giriş koşulları için %50 kısmi yük değerinde üretilen ısı ve elektrik miktarı yaklaşık eşittir. Tam yükte ara buhar almalı kojenerasyon sisteminin ürettiği proses ısı elektrik miktarının iki katına ulaşmaktadır. Bu sonuçlar Şekil 5'teki elektrik ısı oranı WQ_0 ve Şekil 7'deki sisteme giren ve çıkan ısı oranını gösteren QGC_o değişkenleri ile tam bir uyum içindedir. Dolayısıyla ara buhar almalı kojenerasyon sistemi işletmenin elektrik ihtiyacının fazla olduğu çalışma şartlarında düşük kısmi yükte (%25-%50) aralığında ya da işletmenin proses ısısına ihtiyacının fazla olduğu çalışma şartlarında tam yükte çalıştırılmalıdır.



Şekil 8. Ara buhar almalı çevrimde elde edilen elektrik (W) ve ısı (Q) miktarının kısmi yük ile değişimi.



Şekil 9. Karşı basınçlı sistemde elde edilen elektrik (W) ve ısı (Q) miktarının kısmi yük ile değişimi.

Şekil 9'de görüldüğü gibi karşı basınçlı kojenerasyon sisteminde prosese verilen ısı miktarı üretilen elektrik miktarının ortalama 2 - 3 katıdır. Artan elektrik üretimi ile beraber prosese verilen ısı miktarı da artmaktadır. Ancak düşük kısmi yükte (%25-%50) aralığında prosese verilen ısı miktarı elektrik üretiminin yaklaşık üç katı iken, tam yükte bu oran azalmaktadır. Bu sonuçlar şekil 6' da açıklanan elektrik ısı oranı WQ_0 ve şekil 8' de açıklanan ve sisteme giren ve çıkan ısı oranı QGC_0 değişkenleri ile tam bir uyum içindedir. Dolayısıyla karşı basınçlı kojenerasyon

sisteminin işletmenin ihtiyacı olan elektrik ve proses ısısını üretmek üzere tam yükte çalıştırılması gerektiğini göstermektedir.

SONUÇLAR

Kojenerasyon sisteminden yararlanarak bir tekstil işletmesinin elektrik ve ısı ihtiyacının karşılanması gerektiği zaman dikkat edilecek iki durum ortaya çıkmaktadır. Birincisi kojenerasyon sistemi yatırımının optimum koşullarda yapılması, ikincisi enerji ekonomisi açısından kojenerasyon sisteminin optimum koşullarda işletilmesidir. Yapılan bu çalışma ile optimum işletme koşullarına göre ara buhar almalı kojenerasyon sisteminin elektrik üretmek için düşük kısmi yükte, proses ısısı üretmek için tam yükte işletilmesi gerektiğini göstermektedir. Aynı şekilde karşı basınçlı kojenerasyon sisteminin hem elektrik hem de proses ısısı üretmek için tam yükte işletilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Semboller

\dot{m} =Kütleli debi (kg/s)

h =Entalpi (kJ/kg)

\dot{W}_t =Net türbin işi (kW)

\dot{W}_p =Net pompa işi (kW)

$\dot{Q}_{bü}$ =Buhar üretici ısı yükü (kW)

\dot{Q}_y =Yoğuşturucu ısı yükü (kW)

WQ_o =Elektrik ısı oranı

QGC_o =Isı giriş çıkış oranı

H_u =Yakıtın alt ısıl değeri (kJ/kg)

KAYNAKLAR

- Anonim, 1989, ASHRAE Handbook, Fundamentals, SI Edition, Atlanta, USA.
- Casella, F. 2001. Minimizing Production Costs in Generation and Cogeneration Plants, Control Engineering Practice 9, pp 283-295.
- Çengel, A.Y., Boles, A.M. 1996 Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, McGraw Hill-Literatür, İstanbul, Türkiye.
- Dilip, R.L. 1984. Planning Cogeneration Systems, Fairmont Pres, Atalanta, USA.
- Dvorak, A., 1985. The Distric Heating Power Plant at Randers, Brown Boveri Review, 67(11): 672-676.
- Horlock, J.P. 1987. Cogeneration: Combined Heat and Power, Thermodynamics and Economics, Pergamon Press, Oxford.
- Malhauser, H. 1987. Steam Turbines in Conventional Combined District Heating and Power Stations, Brown Boveri, Review, 64(9): 552-564.
- Olikar, I. 1989. Steam Turbines for Cogeneration Plants, Trans. ASME, Journal of Engineering for Power, 102:482-485.
- Philips, W.C. 1979. Thermodynamics Properties in SI Graphs Tables Computational Equations for Substances, Stanford University.
- Roy-Aikins, J.E.A.1995. Cogeneration in Rural Development. Energy 20(2):95-104.
- Scarlin, B. 1996. Advanced Steam Turbine Technology for Improved Operating Efficiency, ABB Rev. 8/96, pp. 15-23.