ÖZET

Endüstriyel tesisler için enerji yönetim sistemi ve yöntemi

Endüstriyel tesislerde güneş enerjisi santrali (GES) ve atık ısı geri kazanım sistemlerinden (WHR) elde edilen elektrik üretimini, enerji tüketim planı doğrultusunda optimize eden bir enerji yönetim sistemi olup, özelliği; ilgili verilerin modellemeye uygun formatta entegre edilmesini sağlayan Veri entegrasyonu birimi (1), hava durumu verisine göre GES üretiminin tahmin edilmesini sağlayan Makine öğrenmesi modeli (2), otomatik olarak piyasadan tahmini elektrik fiyatlarının alınmasını ve hava durumu parametreleri tahminlerinin elde edilmesini sağlayan hava durumu ve PTF verileri indirme birimi (3), GES, WHR ve şebekeden elektrik alımı arasında minimum maliyetle dengeleme yapılmasını sağlayan optimizasyon algoritması (4), fabrika ünitelerinin günlük saatlik çalışma planının insan eliyle girilmesini ve modelin enerji ihtiyacını hesaplamasını sağlayan elektrik tüketim planı giriş birimi (5), güneş enerji sistemi ve atık ısı geri kazanım tesislerinden oluşan GES ve WHR kaynakları (6), geçmiş verilerin veri tabanında tutulmasını sağlayan ve sürekli güncel verilerle beslenen veri tabanı (8), tüm işlemlerin gerçekleştirilmesini sağlayan bilgisayar (9) içermesidir.

(Şekil 1)

İSTEMLER

1. Endüstriyel tesislerde güneş enerjisi santrali (GES) ve atık ısı geri kazanım sistemlerinden (WHR) elde edilen elektrik üretimini, enerji tüketim planı doğrultusunda optimize eden bir enerji yönetim sistemi olup, özelliği;

- ilgili verilerin modellemeye uygun formatta entegre edilmesini sağlayan Veri entegrasyonu birimi (1),
- hava durumu verisine göre GES üretiminin tahmin edilmesini sağlayan Makine öğrenmesi modeli (2),
- otomatik olarak piyasadan tahmini elektrik fiyatlarının alınmasını ve hava durumu parametreleri tahminlerinin elde edilmesini sağlayan hava durumu ve PTF verileri indirme birimi (3),
- GES, WHR ve şebekeden elektrik alımı arasında minimum maliyetle dengeleme yapılmasını sağlayan optimizasyon algoritması (4),
- fabrika ünitelerinin günlük saatlik çalışma planının insan eliyle girilmesini ve modelin enerji ihtiyacını hesaplamasını sağlayan elektrik tüketim planı giriş birimi (5),
- güneş enerji sistemi ve atık ısı geri kazanım tesislerinden oluşan GES ve WHR kaynakları (6),
- geçmiş verilerin veri tabanında tutulmasını sağlayan ve sürekli güncel verilerle beslenen veri tabanı (8),
- tüm işlemlerin gerçekleştirilmesini sağlayan bilgisayar (9)

içermesidir.

2. İstem 1' e uygun sistem olup, özelliği; günlük plan çıktısının görselleştirilmesini ve operasyon ekibine önerilerin otomatik uygulama ile sunulmasını sağlayan gösterge ekranı (7) içermesidir.

3. Endüstriyel tesislerde güneş enerjisi santrali (GES) ve atık ısı geri kazanım sistemlerinden (WHR) elde edilen elektrik üretimini, enerji tüketim planı doğrultusunda optimize eden bir enerji yönetim yöntemi olup, özelliği;

- PTF fiyat verileri ve hava durumu tahminlerinin, bilgisayar (9) üzerinden çalışan hava durumu ve PTF verileri indirme birimi (3) tarafından otomatik olarak indirilmesi ve veri entegrasyon birimine (1) aktarılması (1001),
- GES ve WHR kaynaklarından (6) elde edilen üretim verilerinin veri tabanına (8) bağlanarak günlük olarak toplanması (1002),

- Toplanan geçmiş verilerin veri tabanında (8) depolanması ve model eğitimi için makine öğrenmesi modeline (2) aktarılması (1003),
- Kullanıcının birim çalışma planlarını elektrik tüketim planı giriş birimi (5) üzerinden girmesi ve optimizasyon algoritması (4) tarafından sistemde optimize edilmek üzere kullanılması (1004),
- Hava durumu, PTF, elektrik tüketim planı, GES ve WHR verilerinin veri entegrasyon birimi (1) ile birleştirilmesi ve optimizasyon algoritmasına (4) yönlendirilmesi (1005),
- Optimizasyon algoritmasının (4), minimum maliyetle enerji planlaması için çalışma saatlerini belirlemesi (1006),
- Optimizasyon çıktılarının, gösterge ekranı (7) üzerinden kullanıcıya sunulması (1007)

işlem adımlarını içermesidir.

4. İstem 3' e uygun yöntem olup, özelliği; Optimizasyon çıktılarının, gösterge ekranı (7) üzerinden kullanıcıya sunulması (1007) işlem adımını içermesidir.

TARİFNAME

Endüstriyel tesisler için enerji yönetim sistemi ve yöntemi

Teknik Alan

Buluş; endüstriyel tesislerde güneş enerjisi santrali (GES) ve atık ısı geri kazanım sistemlerinden (WHR) elde edilen elektrik üretimini, enerji tüketim planı doğrultusunda optimize eden bir enerji yönetim sistemi ve yöntemi ile ilgilidir.

Tekniğin Bilinen Durumu

Günümüzde, mevcut enerji yönetim sistemleri genellikle ya sadece enerji tüketimini izlemeye yönelik çalışmakta ya da sabit kurallara dayalı üretim-tüketim dengelemesi yapmaktadır. Bu sistemler çoğunlukla geçmiş verilere göre hazırlanmış sabit algoritmalar içerdiğinden, günlük piyasa fiyatları, hava durumu değişiklikleri veya üretim birimlerinin saatlik planları gibi dinamik faktörleri gerçek zamanlı olarak dikkate alamamaktadır.

Bazı ileri seviye uygulamalarda üretim ve tüketim dengelemesi yapılabilmektedir; ancak bu sistemlerde:

- Makine öğrenmesi tabanlı üretim tahmini yapılmamakta,
- Hava tahmini gibi dışsal veriler sisteme otomatik entegre edilmemekte,
- Karar verme süreçleri manuel olarak yürütülmekte,
- Güneş enerji sistemlerinin modüler yapısı dinamik şekilde kontrol edilmemektedir,
- Şebekeye enerji verilmesini önleyecek şekilde aktif enerji sınırlaması yapılamamaktadır.

Bu eksikliklerin sonucunda ortaya çıkan başlıca teknik problemler şunlardır:

- Enerji Fazlası Nedeniyle Cezalar: Şebekeye enerji verilmesi gerektiğinde, mevcut sistem bunu öngöremediği için cezai durumlarla karşılaşılabilir.
- Gereğinden Fazla Enerji Satın Alımı: Mevcut sistemler, üretim tahmini yapamadığı için enerji ihtiyacını şebekeden gereksiz şekilde fazla satın alabilir.
- Yetersiz Otomasyon: İnsan müdahalesine bağımlı karar mekanizmaları, gerçek zamanlı optimizasyonu engeller.

- Verimsiz GES Kullanımı: Güneş enerji sistemlerinin her bir modülünü saatlik ihtiyaca göre kapatmak yerine hepsini sürekli çalıştırmak, üretim fazlasına ve enerji israfına neden olur.

Teknik araştırmalar sonucunda ortaya çıkan 2016/13330 numarasına sahip başvurunun özeti; “Buluş, elektrik panolarına sığabilecek boyutta, ev veya iş yerlerinin herhangi bir yerine yerleştirilebilecek küçük bir tablet şeklinde, içerisinde silikon temelli tümleşik devre, sensörler, kablosuz haberleşme modülü ve gömülü enerji yönetim ve güvenlik yazılımından oluşan, kablosuz haberleşme modülü vasıtası ile irtibatlı olduğu sistemlerden ve internetten veri alış verişi sağlayan, alınan verileri gerçek zamanlı kullanarak gömülü yazılım ile sürekli olarak izleme ve analizler yapan bir akıllı enerji yöneticisi olup, özelliği; elektrik tüketim noktalarında (ev, ticarethane, sanayi tesis vb.) yenilenebilir enerji üretim sistemi, enerji depolama sistemi ve şebekeden elektrik kullanımını bütünsel bir optimizasyon problemi olarak algılayıp, çok yönlü optimizasyon ile günlük ve saatlik olarak programlaması ve akıllı şebeke ile akıllı tüketim noktası arasında entegrasyonu sağlayan, enerji tedarik ? tüketim zincirinde tüm akıllı bileşenler ile haberleşebilen yönetim birimi olması işlem adımını içermesidir.” şeklindedir.

Görüldüğü üzere sistem bir akıllı enerji yönetim modülü ile ilgili olup bunun yanında yukarıda bahsedilen dezavantajlara çözüm sağlayabilecek bir yapılanmadan bahsetmemektedir.

Sonuç olarak yukarıda anlatılan olumsuzluklardan dolayı ve mevcut çözümlerin konu hakkındaki yetersizliği nedeniyle ilgili teknik alanda bir geliştirme yapılması gerekli kılınmıştır.

Buluşun Amacı

Buluş, mevcut teknikte kullanılan yapılanmalardan farklı olarak bu alanda yeni bir açılım getiren farklı teknik özelliklere sahip bir yapının ortaya koyulmasını amaçlamaktadır.

Buluşun öncelikli amacı; çimento fabrikası gibi büyük ölçekli sanayi tesislerinde elektrik enerjisi tüketimi ve üretimini saatlik bazda optimize ederek enerji maliyetlerini minimize eden tam otomatik, yapay zeka destekli bir sistem ve yöntem ortaya koymaktır.

Buluşun bir amacı, enerji satın alma maliyetlerini düşürmek amacıyla, üretim tahminleri, hava durumu verileri ve piyasa elektrik fiyat tahminlerini dikkate alarak yapay zeka destekli bir karar mekanizması sunmaktır.

1. Makine Öğrenmesi Tabanlı GES Üretim Tahmini:
   - Güneş enerji santralinin geçmiş üretim verileri, saatlik hava durumu tahminleri (sıcaklık, güneşlenme, bulutluluk vb.) ile ilişkilendirilerek eğitilen bir makine öğrenmesi modeli (birçok makine öğrenmesi modelini kullanır ve en yüksek doğrulukta olanı otomatik seçer. Ör: XGBoost, Random Forest, Extra Trees, Linear Regression vb.) kullanılır.
   - Bu sayede bir sonraki günün her saatine ait GES üretimi tahmini elde edilir.

2. Atık Isıdan Elektrik Üretiminin Planlı Hesaplanması (WHR):
   - Üretim birimlerinin çalışma saatleri esas alınarak, WHR sisteminin saatlik üretim kapasitesi önceden hesaplanır.

3. PTF (Piyasa Takas Fiyatı) Tahminlerinin Otomatik Entegrasyonu:
   - Elektrik borsa fiyatları (PTF) EPİAŞ sistemi üzerinden API ile otomatik olarak alınır.
   - Bu tahminler, enerji satın alma kararlarını maliyet açısından yönlendirir.

4. Dinamik Karar Mekanizması ve Optimizasyon Algoritması:
   - Her saat için: Toplam Elektrik İhtiyacı – (GES Tahmini + WHR Üretimi) formülü ile enerji açığı hesaplanır.
   - Eğer üretim tüketimi aşarsa, GES'in modülleri otomatik olarak sırasıyla devreden çıkarılır (modüler kontrol), böylece şebekeye enerji verilmesi önlenir.
   - Eğer üretim yetersizse, sadece gerekli kadar elektrik şebekeden satın alınır.
   - Bu kararlar enerji maliyetini minimize edecek şekilde optimize edilir.
   - Bunu yapmak için enerji maliyetlerinin ucuz olduğu saatlere göre üretim planlaması için optimum saat aralıkları da önerir.

5. Tam Otonom Çalışma Yapısı:
   - Kod yapısı, günlük üretim planları girildiğinde hiçbir kullanıcı müdahalesine gerek kalmaksızın tüm süreci otomatik yürütür.
   - Günlük olarak hava durumu ve PTF tahmin verilerini internet üzerinden çekerek günceller.

Yukarıda anlatılan amaçları yerine getirmek üzere buluş, Endüstriyel tesislerde güneş enerjisi santrali (GES) ve atık ısı geri kazanım sistemlerinden (WHR) elde edilen elektrik üretimini, enerji tüketim planı doğrultusunda optimize eden bir enerji yönetim sistemi olup, özelliği;

- ilgili verilerin modellemeye uygun formatta entegre edilmesini sağlayan Veri entegrasyonu birimi,
- hava durumu verisine göre GES üretiminin tahmin edilmesini sağlayan Makine öğrenmesi modeli,
- otomatik olarak piyasadan tahmini elektrik fiyatlarının alınmasını ve hava durumu parametreleri tahminlerinin elde edilmesini sağlayan hava durumu ve PTF verileri indirme birimi,
- GES, WHR ve şebekeden elektrik alımı arasında minimum maliyetle dengeleme yapılmasını sağlayan optimizasyon algoritması,
- fabrika ünitelerinin günlük saatlik çalışma planının insan eliyle girilmesini ve modelin enerji ihtiyacını hesaplamasını sağlayan elektrik tüketim planı giriş birimi,
- güneş enerji sistemi ve atık ısı geri kazanım tesislerinden oluşan GES ve WHR kaynakları,
- geçmiş verilerin veri tabanında tutulmasını sağlayan ve sürekli güncel verilerle beslenen veri tabanı,
- tüm işlemlerin gerçekleştirilmesini sağlayan bilgisayar

içermektedir.

Buluşun yapısal ve karakteristik özellikleri ve tüm avantajları aşağıda verilen şekiller ve bu şekillere atıflar yapılmak suretiyle yazılan detaylı açıklama sayesinde daha net olarak anlaşılacaktır ve bu nedenle değerlendirmenin de bu şekiller ve detaylı açıklama göz önüne alınarak yapılması gerekmektedir.

Buluşun Anlaşılmasına Yardımcı Olacak Şekiller

Şekil 1, buluşa konu olan sistemin genel gösterimidir.
Şekil 2, buluşa konu olan yöntemin şematik gösterimidir.

Çizimlerin mutlaka ölçeklendirilmesi gerekmemektedir ve mevcut buluşu anlamak için gerekli olmayan detaylar ihmal edilmiş olabilmektedir. Bundan başka, en azından büyük ölçüde özdeş olan veya en azından büyük ölçüde özdeş işlevleri olan elemanlar, aynı numara ile gösterilmektedir.

Parça Referanslarının Açıklaması

1. Veri entegrasyonu birimi
2. Makine öğrenmesi modeli
3. Hava durumu ve PTF verileri indirme birimi
4. Optimizasyon algoritması
5. Elektrik tüketim planı giriş birimi
6. GES ve WHR kaynakları
7. Gösterge ekranı
8. Veri tabanı
9. Bilgisayar

1001. PTF fiyat verileri ve hava durumu tahminlerinin, bilgisayar (9) üzerinden çalışan hava durumu ve PTF verileri indirme birimi (3) tarafından otomatik olarak indirilmesi ve veri entegrasyon birimine (1) aktarılması,
1002. GES ve WHR kaynaklarından (6) elde edilen üretim verilerinin veri tabanına (8) bağlanarak günlük olarak toplanması,
1003. Toplanan geçmiş verilerin veri tabanında (8) depolanması ve model eğitimi için makine öğrenmesi modeline (2) aktarılması,
1004. Kullanıcının birim çalışma planlarını elektrik tüketim planı giriş birimi (5) üzerinden girmesi ve optimizasyon algoritması (4) tarafından sistemde optimize edilmek üzere kullanılması,
1005. Hava durumu, PTF, elektrik tüketim planı, GES ve WHR verilerinin veri entegrasyon birimi (1) ile birleştirilmesi ve optimizasyon algoritmasına (4) yönlendirilmesi,
1006. Optimizasyon algoritmasının (4), minimum maliyetle enerji planlaması için çalışma saatlerini belirlemesi,
1007. Optimizasyon çıktılarının, gösterge ekranı (7) üzerinden kullanıcıya sunulması.

Kısaltmalar;
GES: Güneş enerji santrali
WHR: Isı geri kazanım sistemi
PTF: Piyasa takip fiyatı

Buluşun Detaylı Açıklaması

Bu detaylı açıklamada, buluşun tercih edilen yapılanmaları, sadece konunun daha iyi anlaşılmasına yönelik olarak ve hiçbir sınırlayıcı etki oluşturmayacak şekilde açıklanmaktadır.

Buluş; endüstriyel tesislerde güneş enerjisi santrali (GES) ve atık ısı geri kazanım sistemlerinden (WHR) elde edilen elektrik üretimini, enerji tüketim planı doğrultusunda optimize eden bir enerji yönetim sistemi ve yöntemi ile ilgilidir.

Buluşa konu olan sistem ve yöntemde kullanılan unsurlar şunlardır;

Veri entegrasyonu birimi (1), ilgili verilerin modellemeye uygun formatta entegre edilmesini sağlayan birimdir.

Makine öğrenmesi modeli (2), hava durumu verisine göre GES üretiminin tahmin edilmesini sağlayan modeldir. Makine öğrenmesi modeli (2) geçmiş verilerle eğitilmiştir.

Hava durumu ve PTF verileri indirme birimi (3), otomatik olarak piyasadan ertesi gün saatlik tahmini elektrik fiyatlarının alınmasını ve hava durumu parametreleri tahminlerinin elde edilmesini sağlayan birimdir. Bu veriler veri entegrasyonu birimi (1) vasıtasıyla makine öğrenmesi modeli (2) eğitimine hazır formata getirilmektedir.

Optimizasyon algoritması (4), GES, WHR ve şebekeden elektrik alımı arasında minimum maliyetle dengeleme yapılmasını sağlayan algoritmadır. Fazla üretim olduğunda GES modüllerinin kapatılmasını sağlamaktadır. Ayrıca minimum enerji maliyeti için optimum ünite çalışma saatlerini belirlemektedir.

Elektrik tüketim planı giriş birimi (5), fabrika ünitelerinin günlük saatlik çalışma planının insan eliyle girilmesini ve modelin enerji ihtiyacını hesaplamasını sağlayan birimdir.

GES ve WHR kaynakları (6), güneş enerji sistemi ve atık ısı geri kazanım tesislerinden oluşan kaynaklardır. GES'in 3 modül yapısı sayesinde gerektiğinde modül kapatılarak fazla üretim engellenebilmektedir. WHR sabit enerji kapasitesi ile hesaplanmaktadır.

Gösterge ekranı (7), günlük plan çıktısının görselleştirilmesini ve operasyon ekibine önerilerin otomatik uygulama ile sunulmasını sağlayan ekrandır.

Veri tabanı (8), geçmiş verilerin veri tabanında tutulmasını sağlayan ve sürekli güncel verilerle beslenen yapıdır.

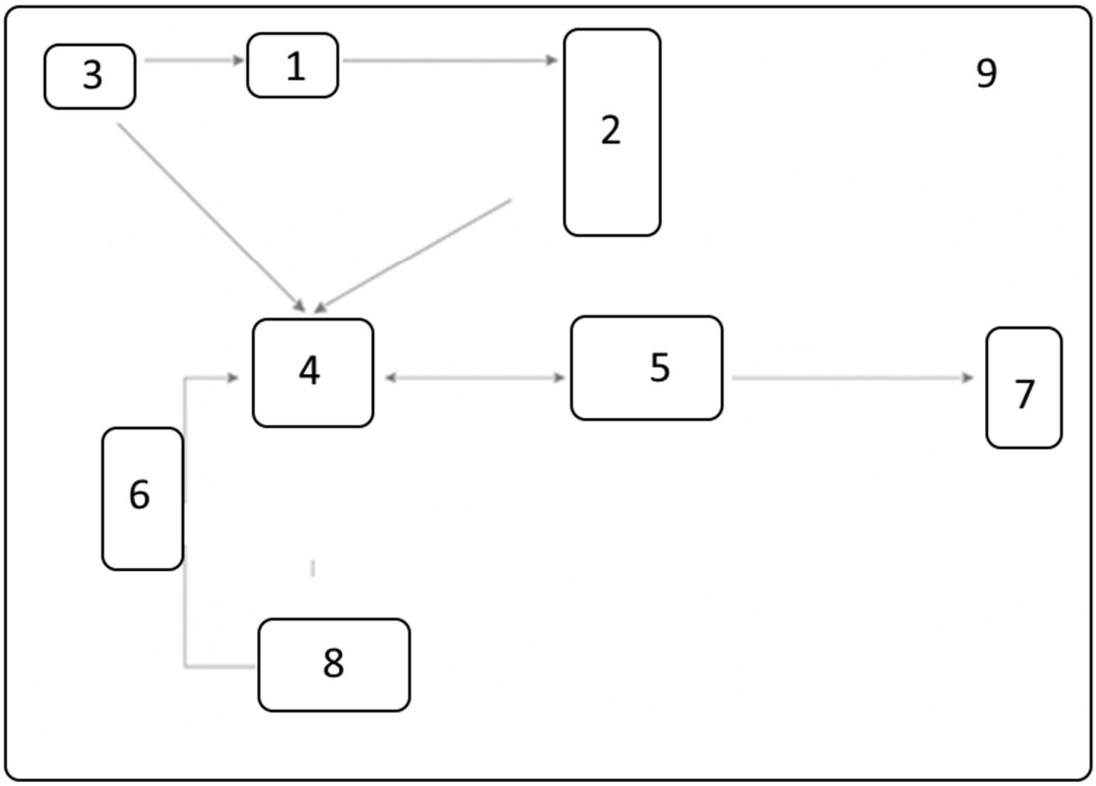
Bilgisayar (9), tüm işlemlerin gerçekleştirilmesini sağlayan donanımdır.

Buluşun çalışma prensibi şu şekildedir;

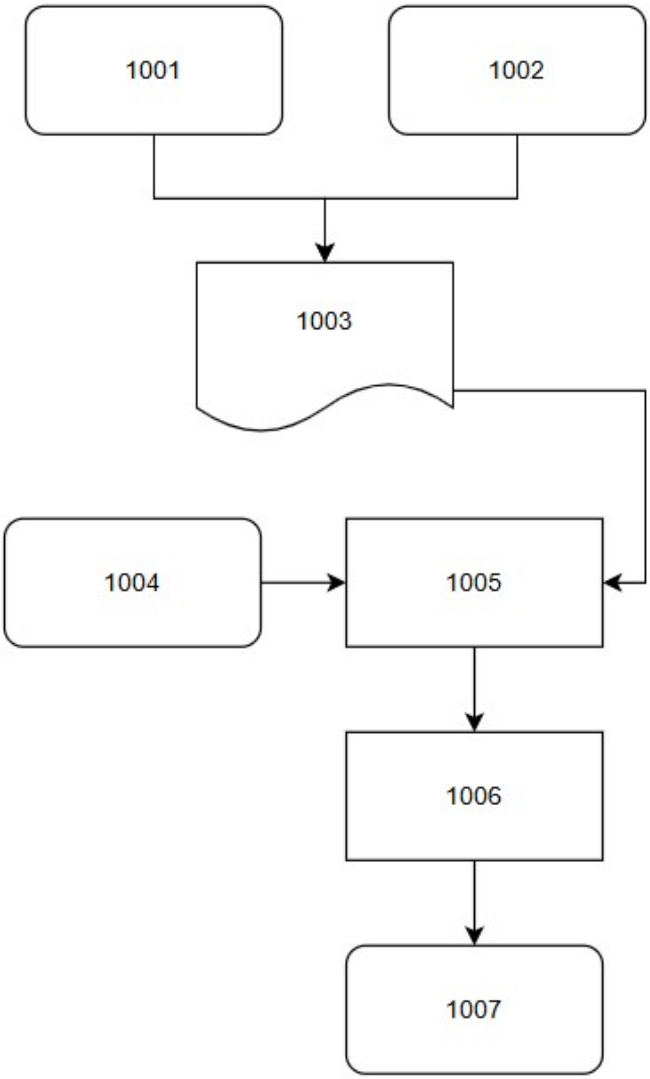
Sistem, geçmiş GES ve WHR kaynaklarındaki (6) üretim verileri ile hava durumu ve PTF verileri gibi çevresel bilgileri kullanılarak oluşturulan makine öğrenmesi modeli (2) ile enerji üretim tahmini yapar. Bu tahminler, gerçek zamanlı olarak çalışan optimizasyon algoritması (4) tarafından analiz edilir. Optimizasyon algoritması (4), elektrik üretim planı ve hava durumu ve PTF verileri ile birlikte değerlendirme yaparak en uygun enerji kullanım stratejisini belirler. Veriler, merkezi bir veri entegrasyonu biriminde (1) entegre edilir ve sonuçlar veri tabanına (8) kaydedilir. Kullanıcılara gerekli yönlendirme ve bilgilendirmeler görsel arayüzler ile gösterge ekranından (7) iletilir.

Buluşa konu olan sistem ile gerçekleştirilen işlem adımları maddeler halinde şu şekildedir;

- PTF fiyat verileri ve hava durumu tahminlerinin, bilgisayar (9) üzerinden çalışan hava durumu ve PTF verileri indirme birimi (3) tarafından otomatik olarak indirilmesi ve veri entegrasyon birimine (1) aktarılması (1001),
- GES ve WHR kaynaklarından (6) elde edilen üretim verilerinin veri tabanına (8) bağlanarak günlük olarak toplanması (1002),
- Toplanan geçmiş verilerin veri tabanında (8) depolanması ve model eğitimi için makine öğrenmesi modeline (2) aktarılması (1003),
- Kullanıcının birim çalışma planlarını elektrik tüketim planı giriş birimi (5) üzerinden girmesi ve optimizasyon algoritması (4) tarafından sistemde optimize edilmek üzere kullanılması (1004),
- Hava durumu, PTF, elektrik tüketim planı, GES ve WHR verilerinin veri entegrasyon birimi (1) ile birleştirilmesi ve optimizasyon algoritmasına (4) yönlendirilmesi (1005),
- Optimizasyon algoritmasının (4), minimum maliyetle enerji planlaması için çalışma saatlerini belirlemesi (1006),
- Optimizasyon çıktılarının, gösterge ekranı (7) üzerinden kullanıcıya sunulması (1007).



ŞEKİL 1



ŞEKİL 2