

Üniversitelere Yönelik Bir Veri Merkezinin Enerji Planlaması

Energy Planning of a Data Center for Universities

Uğur Yüzgeç^{1*}, Arif Günel²

Özet- Son yıllarda dünya genelinde e-ticaret, web sitesi işletmeciliği, çevrimiçi bankacılık/sigortacılık kolları hızla büyümektedir. Bu hızlı büyüme ile birlikte e-ticaret, sosyal medya, video, oyun gibi alanlar için altyapı ihtiyacının günden güne artması, veri merkezlerini bu sektörlerin en önemli ayağı haline getirmiştir. Veri merkezi tasarımında dikkat edilmesi gereken kriterlerin başında kesintisiz erişilebilirliği sağlayan yedekli altyapı, güvenlik ile sonrasında esneklik ve fiyat/performans göstergeleri gelmektedir. Bu çalışmada bir veri merkezi enerji planlamasının nasıl yapılması gerektiği sunulmuş, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi'ndeki bir veri merkezi enerji planlaması uygulaması verilmiştir.

Anahtar Kelimeler- Veri Merkezi, Tier, Enerji, Kesintisizlik

Abstract- In recent years, in worldwide e-commerce, website management, online banking/insurance processes are growing rapidly. The data centers play the most important role due to the increasing the infrastructure requirement from day to day for these sectors, The main criteria in the design of the data center is the infrastructure, redundancy, flexibility, accessibility, and price/performance indicators. In this paper, how to energy planning of a data center was presented and a data center's energy design application at the Bilecik Seyh Edebali University was given.

Keywords- Data Center, Tier, Energy, Continuous

I. GİRİŞ

Bilgisayar ve internet teknolojilerinin hayatımızda kapladığı yer her geçen gün artmaktadır. Teknolojinin herkese ulaşması için oluşturulan bilişim alt yapıları, iletişim teknolojileri ile kullanıcılar için saklanan veriler, veri merkezlerinin oluşmasını sağlamıştır. Veri merkezleri, bilgisayar odaları yada sistem odaları ismiyle de anılmaktadır. Bilgisayarın tarihine bakılacak olursa, veri merkezlerinin tarihinin de bilgisayarın icadı ile başladığı görülebilir. Bilgisayar teknolojisinin ilk ortaya çıktığı yıllarda ağırlıkları tonları bulan ve kapladığı alanlar onlarca metrekareyi bulan cihazların tutulduğu ortamlar veri merkezlerinin temelini oluşturmaktadır.

Özellikle küreselleşen ve sosyalleşen dünya genelinde veri merkezi uygulamalarının değişik örneklerine (Cisco, Google, Facebook, Twitter, IBM, Amazon, Yahoo, v.b) rastlamak mümkündür [1]. Veri merkezlerinde tutulan verilere ve hizmetlere her an ulaşılabilir olması kesintisiz bir hizmet sunumunu gerektirmektedir. Bunun için gerekli olan alt yapının yedekli ve kararlı bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Veri merkezlerinde yapılan işlemler ve buna bağlı olarak kullanılan cihazların artışı kullanılan enerjide ciddi artışlara neden olmaktadır. Bu nedenle veri merkezlerinde enerji verimliliği kavramı da önemli bir nokta olarak ortaya çıkmaktadır [2].

Bu çalışmanın amacı kesintisizliğin önemli olduğu üniversitelerin veri merkezlerinin enerji planlama aşamalarını ve sonrasında elde edilecek kazanımları ortaya koymaktır.

II. VERİ MERKEZİ

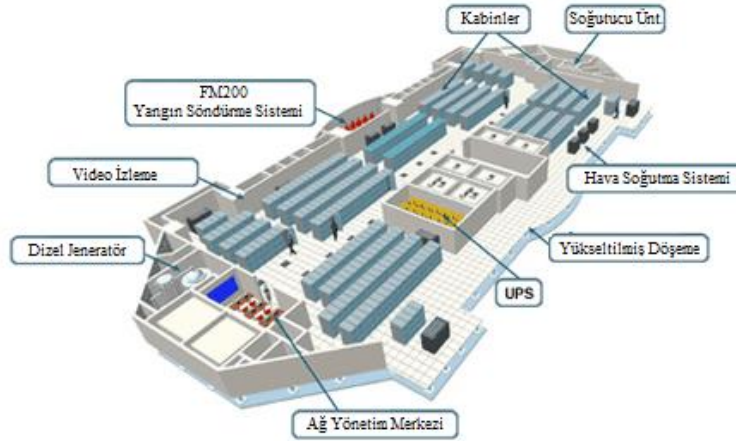
Veri merkezleri sunucular, depolama cihazları, ağ (network) cihazları ile haberleşme cihazlarının güvenli bir şekilde çalışmalarının sağlandığı, verilerin saklandığı, korunduğu, bununla birlikte kullanıcıların kesintisiz ve hızlı bir şekilde verilere ulaşması için gerekli tüm teknik ve alt yapının oluşturulduğu odalardır [1]. Veri merkezleri, kullanıldığı kurumun faaliyet alanı büyüklüğü gibi durumlara göre kritiklik seviyesi ve kapasitesine göre tasarlanmaktadır. Kurumlar, kendi sakladıkları kurum içi veriler için tasarladıkları veri merkezleri ile internet üzerinden hizmetleri sağlayan veri merkezlerinin tasarımını aynı yapmamaktadırlar. İnternet üzerinden sağlanan hizmetlerde hizmeti sağlayan ağ cihazları ve sunuculara erişimin kesintisizliği

^{1*} İletişim: ugur.yuzgec@bilecik.edu.tr

² İletişim: arif.gunel@bilecik.edu.tr

^{1,2} Bilgisayar Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Gölümbe, Bilecik

önemlidir, bu nedenle yapılan tasarımlarda enerji ve iklimlendirme yedekliliği sağlanmaktadır [3]. Şekil 1'de örnek bir veri merkezi uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 1. Bir Veri Merkezi Uygulaması [3].

Şekil 1'deki veri merkezinde temel anlamda bir veri merkezinde olması gereken yapılar olan;

- Sunucu ve ağ cihazlarının konulduğu kabinler,
- Kabinlerin bulunduğu ortamın iklimlendirmesini sağlayan iç ve dış üniteler,
- Elektronik aksama zarar vermeden yangın söndürülmesini sağlan FM-200 yangın söndürme sistemi,
- Elektrik kesintilerinde cihazların kapanmasını engelleyen kesintisiz güç kaynağı (UPS) ve kısa sürede devreye girip enerji sağlayan jeneratör cihazları,
- Kabloleme ve iklimlendirme sistemleri için kullanılan yükseltilmiş döşeme,
- Arıza ve olası durumlara müdahale edilmesi için planlanan izleme ve yönetim odaları görülmektedir.

A. Veri Merkezi Standartları

Veri merkezlerinin standartlarının belirlenmesi üzerine ABD'deki Uptime Enstitüsü, TIA (Telecommunications Infrastructure Standards for Data Centers) ölçeklendirme/sertifika yöntemini ortaya koymuştur. Bu sertifika sisteminin ana amacı veri merkezlerinin kesintisizliklerini ve erişilebilirlik sürelerini ölçmektir [4]. TIA ölçeklendirme/sertifika yönteminde 4 seviye bulunmaktadır ve her seviye değeri için en az olması gereken teknik yeterlilikler ve alt yapılar belirtilmektedir [5].

Bu sertifika, elektrik, soğutma, fiziksel güvenlik, yangın, bina sağlamlığı, ağ alt yapısı gibi konularda, ayrıca doğal afet, felaket ve benzeri olağanüstü durumlarda veri merkezinin ayakta kalabileceğinin ve hizmet vermeye devam edebileceğinin yeterlilik ve yetkinlik seviyesini göstermektedir. Tier sertifikasyonları, tasarım belgelerine verilen Tier sertifikası, uygulama/inşa edilen tesisin Tier sertifikası ve operasyon-sürdürülebilirlik Tier sertifikası olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Tasarım sertifikası veri merkezinin uygulama projeleri üzerinden verilen bir sertifika sistemidir. Projenin tüm uygulama aşamalarının ve şekillerinin Uptime Enstitüsüne sunulması ile uygun görülen projelere seviyelerine göre sertifika verilir.

Uygulama projeleri uygun Tier seviyelerinin asgari gerekliliklerinin sağlandığı veri merkezlerine verilen sertifikaları kapsamaktadır. Operasyon ve sürdürülebilirlik sertifikası veri merkezinin yönetim ve işletme faaliyetlerinin standartlara uygunluğunun incelenmesini kapsamaktadır. Türkiye'de Tier III tasarım sertifikasına sahip yalnızca dört kuruluş (Türkiye Finans Katılım Bankası, Turksat, T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, Türk Telekom Gayrettepe Veri Merkezi) bulunmaktadır [4]. Uptime Enstitüsünün yanı sıra, AMD, APC, Dell, EMC, Emerson Network Power, HP, IBM, Intel, Microsoft, Oracle, Symantec gibi firmaların üye olduğu Green Grid adlı konsorsiyum tarafından veri merkezleri için sunulan ölçüm parametrelerinden en çok kullanılan PUE güç kullanım etkinliğinin ve DCiE veri merkezi altyapı verimliliğinin formülleri aşağıda verilmiştir [6]. PUE hesaplamasında sadece bilişim için yapılan işlemde harcanan enerji ile toplam harcanan enerji arasında kurulan oran kullanılır [7].

$$PUE = \frac{\text{Toplam Tesis Enerjisi}}{\text{IT Ekipman Enerjisi}} \quad (1)$$

$$DCiE = \frac{1}{PUE} \quad (2)$$

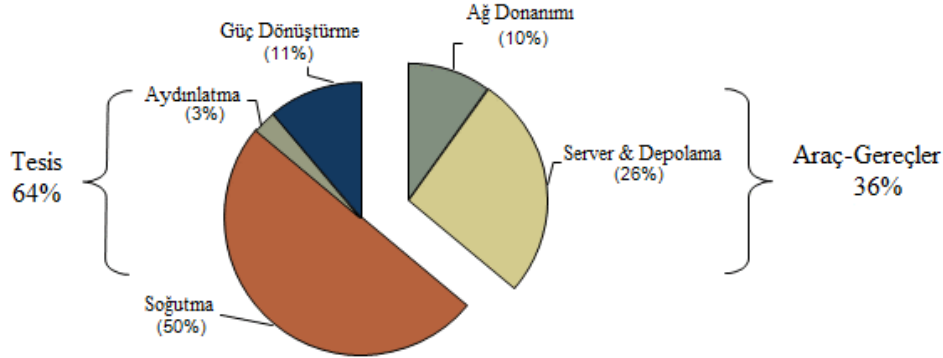
Veri merkezleri tasarımlarında enerji verimi göz ardı edilmiş ise PUE değeri 2 ile 5 arasında değişebilmektedir. Günümüzde tasarlanan veri merkezlerinde PUE değerinin bire yakın bir değer olması için çaba harcanmaktadır. Tablo 1'de PUE ve DCiE Seviyeleri ve karşılıkları verilmiştir. Örneğin 2013 yılı itibariyle Google veri merkezleri ortalama 1.16 gibi düşük bir PUE değerine sahiptir [8].

Tablo 1. PUE ve DCiE Seviyeleri

PUE	DCiE	Seviye
3.0	%33	Oldukça Verimsiz
2.5	%40	Verimsiz
2.0	%50	Ortalama
1.5	%67	Verimli
1.2	%83	Oldukça Verimli

B. Veri Merkezi Enerji Planlama Aşamaları

Dünya genelinde veri merkezlerinin güç ihtiyacı 2003-2006 yılları arasında ikiye katlanmıştır. Nitekim 2006 yılında, ABD'de tüketilen tüm elektriğin % 1.5 (4.5 milyar \$) kadarı veri merkezleri tarafından tüketilmiştir [9]. Bu yıldan sonrada blade sunucuların devreye girmesi ile güç ihtiyaçlarında değişiklikler olmaya başlamıştır. Geleneksel sunucular yerine aynı alana çok sayıda blade sunucu sığdırılabilmesi daha az yerde daha fazla güç tüketimine neden olmaktadır. Ancak blade sunucu kullanmanın bir avantajı olarak sunucu başına güç tüketiminde bir azalma da ortaya çıkmıştır [10,11]. Şekil 2'de tipik bir veri merkezinin enerji tüketiminin yüzde dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 2. Tipik bir Veri Merkezinin Enerji Tüketimi [9]

Yalnızca sunucu sayısı dikkate alınarak, veri merkezlerinin sunucu başına enerji kullanımı tahmin edilebilir. Sunucu başına veri merkezi enerji kullanımı, sunucuların kendileri tarafından kullanılan enerjiyi içermektedir. Ancak veri merkezinin enerji kullanımı hesabı sunucuların yanı sıra ağ oluşturma, depolama, enerji yedekliği için kesintisiz güç kaynakları, soğutma sistemi, aydınlatmalar ve yardımcı cihazlar tarafından kullanılan enerjiyi kapsamaktadır [12].

Veri merkezlerinde kesintisiz hizmet verebilmek için güç kaynaklarının yedeklenmesi gerekmektedir. Bu yedekleme, veri merkezlerinde maliyeti arttırsa da, en az iki farklı kaynaktan enerji ihtiyacının karşılanması kesintisizlik adına zorunluluk haline gelmiştir. Sunucu üreticileri de bu gelişmeye paralel olarak ürünlerini en az iki bazen üç farklı güç kaynağından beslenebilecek şekilde düzenlemişlerdir. Bu güç kaynaklarından kesintisiz güç kaynakları (KGK) ile jeneratörler veri merkezlerinde en sık kullanılanlardır. Veri merkezinin enerji planlamasında, veri merkezinin topraklamasının binanın ana topraklamasından ayrı yapılması gerekmektedir. Veri merkezinin bulunduğu binada oluşacak ters bir akım akışı sonucu veri merkezinde bulunan cihazlar etkilenebilmektedir.

III. BİR VERİ MERKEZİ ENERJİ PLANLAMASI ÖRNEĞİ

Bu çalışmada, veri merkezi enerji planlaması uygulaması olarak, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi (BŞEÜ), Bilgi İşlem Daire Başkanlığı bünyesinde yürütülen bir akademik yerleşke veri merkezi projesi ve uygulaması sunulmaktadır. Yapılan veri merkezi projesi TIER III sertifikasyonuna ulaşabilecek alt yapıya sahip olarak tasarlanmıştır. Bu standart bakımlar ve arızalar sırasında yedekli enerji alt yapısını zorunlu kılmaktadır. BŞEÜ veri merkezi mimari planlama aşamasında enerji odası, ağ toplama odası ve merkezi sistem odası olmak üzere üç bölüm olarak düşünülmüştür. Mimari plan oluşturulurken, enerji odası risk faktörünün fazla olmasından dolayı veri merkezinden yalıtılmış, ayrıca sistem odasında NOC (Network Operations Center) odası

diye tanımlanan ara bir bölge yapılarak gerekli testlerin yapıldığı bir oda tasarlanmıştır. Veri merkezinde kullanılan sistemlerin dış ünitelerinin konulması amacıyla binanın dış noktasına yapılan beton köşk üzerinde;

- Jeneratör kabini ve ek yakıt tankı,
- Orta gerilim beton köşkü,
- İklimlendirme cihazlarının dış üniteleri, pompaları ve gerekli donanımlar bulunmaktadır.

A. Enerji Alt Yapısının Planlanması

BŞEÜ veri merkezinin elektrik alt yapısının yedeksiz olarak kullanıldığı 2011 yılında kesintisiz güç kaynağının arızaya geçerek şebekenin olduğu sırada enerjiyi kesmesi, sonrasında hafta sonu yüksek gerilimde yaşanan arıza sonrası jeneratörün devreye girmesi ve uzun süre çalıştıktan sonra yakıtının bitmesi sonucu sunucuların enerjisiz kalarak kapanmasına ve personel otomasyonunda veri kaybına neden olmuştur. Yeni tasarlanan BŞEÜ veri merkezinin enerji alt yapısının tasarımında, dış ortamdaki arıza durumlarından bağımsız, kesintisiz ve verimli çalışabilir olmasına dikkat edilmiştir. Akademik yerleşke içerisindeki öğrenci otomasyonu ve diğer otomasyonlarda elektrik kesintilerinden dolayı veri kayıplarının yaşanması, akademik personelin uzun süren hesaplama ve deneylerinde yaşanacak kesintiler, hem veri kaybına hem de zaman kayıplarına neden olacağından enerji kesintisizliğinin sağlanması önemli bir hal almaktadır. Tablo 2’de verilen Uptime Institute standart değerleri incelendiğinde, tasarlanan veri merkezinin TIER III seviyesine namzet bir veri merkezi olduğu görülmektedir.

Tablo 2. UPTIME INSTITUTE Enerji ve İklimlendirme Standartları

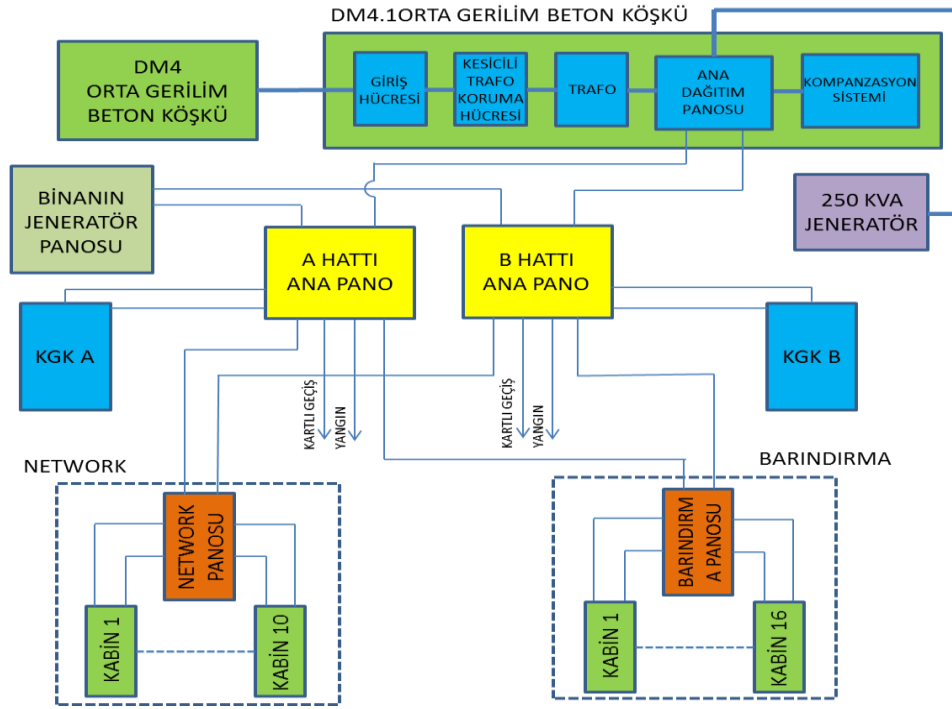
TIER	Jeneratör	UPS	Güç Beslemesi	Klima	Kesintisizlik	Kesinti Süresi
I	Yok	N	Tek	N	% 99,671	28 saat
II	N	N+1	Tek	N+1	% 99,741	22 saat
III	N+1	N+1	Çift, biri aktif	N+1	% 99,982	1,5 saat
IV	2N	2N	Çift, aktif aktif	2N	% 99,995	26 dakika

*Bu tabloda N ihtiyacı görece kadar, N+1 ihtiyacın dışında bir yedek, 2N her bileşen yedekli anlamına gelmektedir.

Veri merkezinde enerji kesintisizliğinin sağlanması için ilk olarak ayrı bir orta gerilim hücresi planlanmıştır. Böylece dış ortamdaki yani veri merkezinin haricindeki bina yada diğer binalarda yaşanacak herhangi bir elektrik sorunundan veri merkezinin etkilenmemesi sağlanmıştır. Binayı besleyen jeneratörün haricinde, veri merkezini besleyen jeneratörün konumlandırılması ve paralel çalışan iki adet kesintisiz güç kaynağı ile kabinlerdeki çift güç kaynaklı cihazlara yedekli enerji hattı sağlanmaya çalışılmıştır. Şekil 3’de BŞEÜ veri merkezi ana elektrik hattı blok şeması gösterilmiştir. Binayı besleyen DM4 numaralı orta gerilim beton köşk içerisine konulan kesicili çıkış hücresinden alınan hat ile veri merkezi beton köşk içerisinde bulunan giriş hücresine bağlantı yapılmıştır. Veri merkezi beton köşk içerisine konulan kesicili trafo koruma hücresi ile giriş hücresi ortak baraya bağlanmıştır. Ana dağıtım panosunun ortak barasına iki yerden hat gelmektedir. Bu hatlardan biri trafo ana panosundan gelen hat, diğeri ise binanın jeneratör panosundan gelen hattır. Bu iki hat aynı barayı beslemelerinden dolayı motorlu termik manyetik şalter ile kontrol edilecektir.

Öncelikli olan ana dağıtım panosundan çıkan hattır, bu hatta oluşacak bir sıkıntıda binanın jeneratöründen sistemin beslenebilmesi planlanmıştır. Bu ortak baradan alınan bir hat iklimlendirme panosuna gitmektedir, diğer alınan uç kesintisiz güç kaynağına (KGK A ve KGK B) gitmektedir. Kesintisiz güç kaynağından çıkan hat pano içerisindeki başka bir baraya bağlanmaktadır. Bu ortak baradan alınan hatlar, ağ (network) ve barındırma odalarında bulunan panolara, kartlı geçiş, yangın algılama ve söndürme sistemlerine gitmektedir. Ana dağıtım panoları her bir kabine giden iki adet yedekli elektrik hattını oluşturmaktadır. İklimlendirme sistemleri için planlanan iki adet yedekli pano ile 6 adet in-row, 2 adet chiller, 3 adet pompayı besleyecek bağlantı sağlanmaktadır. Bu besleme hattı ana dağıtım panosunun kesintisiz güç kaynağının öncesinde trafo ana dağıtım panosundan gelen hat ile sağlanmaktadır.

Veri merkezinin toplam tesis gücünün planlamasında, 10 yıl içerisinde mevcut öğrenci sayısının %60, personel sayısının ise %70 civarında artması, üniversite sanayi işbirliği projelerinde gerekli veri merkezi hizmeti ihtiyacı ve Bilecik ilinin felaket kurtarma merkezinin yerleşke içerisinde olması durumları göz önüne alınmıştır. İklimlendirme için seçilen cihazın toplam gücü 160 kVA, her sunucu kabini için güç değeri yaklaşık 4,5 kVA (16 kabin) olarak alındığında ve diğer cihazlarda ilave edildiğinde kullanılacak jeneratörün gücü 250 kVA olarak seçilmiştir. Yine binanın ayrı 250kVA gücündeki jeneratörü de gerekli görüldüğü durumlarda kullanılmak üzere elektrik hattına ilave edilmiştir.



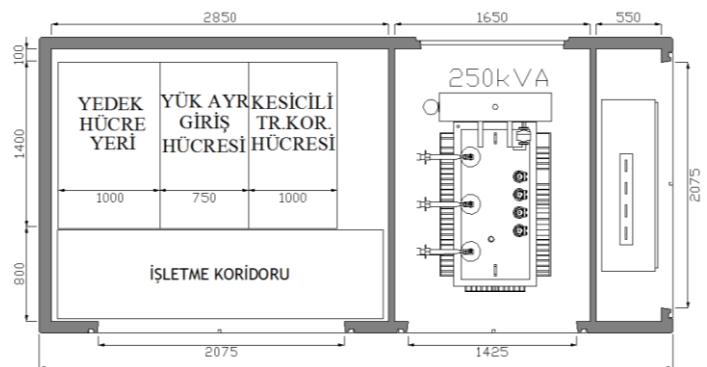
Şekil 3. BŞEÜ Veri Merkezi Ana Elektrik Hattı Blok Şeması.

B. Orta Gerilim Beton Köşk Tasarımı

Beton köşk içerisinde giriş hücresi, kesicili trafo koruma hücresi, 250 kVA yağlı tip transformatör, trafo ana dağıtım panosu, otomatik kompanzasyon sistemi bulunmaktadır. Şekil 4a'da görülen DM 4.1 orta gerilim beton köşkü içerisine kurulan sistemler TEDAŞ'ın ilgili şartnamelerine uygunluk göstermektedir. Veri merkezinin bulunduğu bina için tasarlanan orta gerilim trafo hücrelerine konulan kesicili çıkış hücresi ile alınan hat, veri merkezi için ayrı planlanan orta gerilim hücrelerine aktarılır. Şekil 4b'de orta gerilim beton köşkün ölçüleri ve iç yerleşim planı gösterilmiştir. Orta gerilim trafo hücrelerinin 2 adet topraklaması yapılmıştır. Bu topraklamalardan ana devre topraklaması, üç fazın oluşturduğu yıldız üçgen noktasının orta kısmını tamamlayan topraklamayı oluşturmaktadır. Aktif kısımların topraklanması, işletme topraklaması olarak da geçen topraklama, güvenlik amacıyla yapılan topraklamayı kapsamaktadır. Orta gerilimin dağıtım sisteminde üç fazlı dağıtım transformatörü kullanılmaktadır. Ayrıca kullanılan şalter ve cihazların kapasite değerinin üzerinde seçilmesi ve yedek hücre için boş yer bırakılması ile gelecekteki büyümeler için yedek alt yapı sağlanmıştır.



(a)



(b)

Şekil 4. DM 4.1 Orta Gerilim Beton Köşkü (a) ve Yerleşim Planı (b).

C. Jeneratör Seçimi

Jeneratör şebeke gerilim kaynağının yedeği olarak çalışmaktadır. Tier-III seviyesinde bir yapı oluşturmak için birbirini yedekleyen yapıda iki adet jeneratör planlanmıştır. Tier-III seviyesi için ideal yapıda; 250 kVA prime güçteki her bir set, hem kendi aralarında hem de şebeke ile senkron çalışacak 250 kVA prime güçteki (1+1) jeneratör grubundan oluşmaktadır. İlk planda 1 adet 250 kVA prime güçte jeneratör tesis edilmiştir. Jeneratör planlanırken dikkat edilecek hususlar şunlardır:

- Toplam gücün belirlenmesi,
- Kesintisiz güç kaynağının belirlenmesi,
- Yakıt türünün belirlenmesi,

Jeneratör setinin içerdiği motorlar prime güç esas alınarak 24 saat süreyle 250 kVA'lık değeri verebilecek şekilde seçilmiştir. Jeneratör seti belirlenmiş prime güçlerinde 1 saat süre ile %110 yükü besleyebilmektedir. Bu %110 fazla olan yükün beslenmesinde jeneratör seti; aşırı hararet, aşırı hız, aşırı voltaj ve düşük yağ basıncı arızalarına karşı gerekli algılayıcı ve koruma devrelerine sahiptir. Jeneratör setinde kullanılacak alternatörlerin çıkış gücü, grup gücü (kVA) değerinin 1.3 katından büyük seçilerek, 1 saat süre ile %110 yükte (nominal gücün %10 fazlasında), 1 dakika süre ile %150 yükte (nominal yükün %50 fazlasında) herhangi bir hasara uğramadan çalışabilmektedir. Alternatörler dört kutuplu, tek veya çift yataklı kendinden ikazlı ve otomatik regüleli, tabii havalandırılmalı, fırçasız, sargı izolasyon sınıfı, H sınıfı, sürekli çalışmaya müsait yapıda seçilmiştir. Jeneratörün istenilen özellikleri tamamlandıktan sonra %25, %50, %75, %100 ve %110 yükte 30 dakika süreyle testleri yapıp gerekli gözlemler yapılmıştır.

D. Kesintisiz Güç Kaynağı Seçimi (KGK)

Veri merkezi tasarımında var olan cihazlara kısa sürede yetebilecek bir güç hesaplanarak, kesintisiz güç kaynaklarının değerleri belirlenmiştir. Sonraki yıllarda artan güce göre panolarda ve enerji alt yapısında 4 adet kesintisiz güç kaynağının bağlanmasına imkân tanıyan bir alt yapı planlanmıştır. İlk olarak A ve B hattı için ayrı ayrı yedekli çalışan 2 adet 40 kVA'lık kesintisiz güç kaynakları devreye alınmıştır. KGK'lara yedek enerji kaynağı olarak kullanılacak en az 20 dakika köprüleme süreli tam kapalı bakımsız tip akümülatörler ilave edilmiştir. Aküler 12 Voltluk olarak tasarlanmıştır. Kesintisiz güç kaynağı RS-232 çıkışı ile bilgisayarla bağlanabildiği gibi SNMP (Simple Network Management Protocol) kartı ile de ağ üzerinden izlenebilmektedir.

E. Topraklama

Veri merkezinde topraklama işlemi binanın genel topraklamasından ayrı bir şekilde üç adet olarak yapılmıştır. Bu topraklamalar;

- Veri merkezi ana topraklaması,
- Orta gerilim hücresi yıldız üçgen bağlantı topraklaması,
- Orta gerilim işletme topraklamasıdır.

Veri merkezi topraklamasında veri merkezinde kullanılan tüm cihazların, kabinlerin, yükseltilmiş döşeme ayaklarının topraklanması 2 ohm değerinin altındadır.

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada, son yıllarda dünyada ve ülkemizde önemi giderek artan veri merkezlerinin enerji planlamasında dikkat edilmesi gereken hususlara, bu konu ile ilgili ölçüt ve sertifikalar hakkında bilgilere yer verilerek, çalışmanın son kısmında Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veri merkezi enerji tasarım uygulaması örneği genel hatları ile sunulmuştur. Veri merkezinin enerji planlama aşamasında bahsedilen enerji kesintisizliği durumu, veri merkezinin taşınması sonrasında yapılan kontrollü elektrik kesintileri, arıza ve bakım durum senaryoları ile test edilmiş olup, sonuçta enerji kesintisizliği için gerekli yedekli alt yapının yeterliliği ortaya konulmuştur. Enerji alt yapısının yedekli ve kısmen bağımsız olmasının getirdiği avantajlarla,

- Üniversitenin genelini ilgilendiren uzun süreli elektrik bakımlarından veri merkezinin etkilenmemesi,
- Diğer binalardan kaynaklanan yüksek gerilim arızalarından veri merkezinin yüksek gerilim trafosunun ayrı olması dolayısıyla veri merkezinin bu arızalardan izole edilmesi,
- Kesintisiz güç kaynaklarının paralel çalışmasından dolayı herhangi birinde oluşacak arızada diğer kesintisiz güç kaynağı tarafından sistemin beslenmesi ile birlikte kesintisizlik ve kesinti süresinin en aza indirilmesi sağlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın uygulama aşamasındaki desteklerinden dolayı Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Alger D., *The Art of the Data Center: A Look Inside the World's Most Innovative and Compelling Computing Environments*, Pearson Education, 2013.
- [2] Hammadi A. and Mhamdi L., "A survey on architectures and energy efficiency in Data Center Networks", *Computer Communications* 40, pp: 1–21, 2014.
- [3] Günel A., " Üniversitelere yönelik yeni bir veri merkezi tasarımı ve uygulaması ", Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enst., 2014.
- [4] Uptime Institute webpage, Site adresi: <http://uptimeinstitute.com/TierCertification/>, [erişim:10.04.2014, 15.30]
- [5] Uptime Tier Certf. webpage <http://www.uptimeinstitute.com/TierCertification/design-document-certifications.php> [erişim:10.04.2014, 16.30]
- [6] The Greengrid webpage, <http://www.thegreengrid.org/> [erişim:10.04.2014, 17.00]
- [7] Brady G.A., Kapur N., Summers J.L. and Thompson H.M., "A case study and critical assessment in calculating power usage effectiveness for a data centre", *Energy Conversion and Management* 76, pp:155–161, 2013.
- [8] Google datacenters webpage, <http://www.google.com/about/datacenters/index.html>, [erişim:12.04.2014, 11.53]
- [9] Datacenter energy consumption webpage, <http://blog.infotech.com/tag/data-center/page/4/>, [erişim:01.07.2014,15.06].
- [10] Wang Y. and Wang X., "Performance-controlled server consolidation for virtualized datacenters with multi-tier applications", *Sustainable Computing: Informatics and Systems* 4, pp: 52–65, 2014.
- [11] Gökmen H.T., Küçükşille E.U., "Veri Merkezi Tasarımı", Akademik Bilişim, Akdeniz Üniversitesi, Antalya 2013.
- [12] Choo K., Galante R.M., Ohadi M.M., "Energy consumption analysis of a medium-size primary data center in an academic campus", *Energy and Buildings* 76, pp:414–421, 2014.

