|  |
| --- |
| t.c.PAMUKKALE ünİversİtesİFen bİlİmlerİ enstİtüsüEndüstri Mühendisliği Anabilim Dalı |
|  |
| ELEKTRİK SİSTEMLERİNİN BAKIM ÇALIŞMASI |
| TEZSİZ YÜKSEK LİSANSDÖNEM PROJESİ |
| HÜSEYİN OZAN CENGİZ |
| DENİZLİ, Temmuz - 2018

|  |
| --- |
| t.c.PAMUKKALE üniversitesiFen bilimleri enstitüsüEndüstri Mühendisliği Anabilim Dalı  |
|  |
| ELEKTRİK SİSTEMLERİNİN BAKIM ÇALIŞMASI |
| TEZSİZ YÜKSEK LİSANSDÖNEM PROJESİ |
| HÜSEYİN OZAN CENGİZ |
| DENİZLİ, Temmuz - 2018 |

 |

KABUL VE ONAY SAYFASI

|  |
| --- |
| **HÜSEYİN OZAN CENGİZ** tarafından hazırlanan “**ELEKTRİK SİSTEMLERİNİN BAKIM ÇALIŞMASI**” adlı tezsiz yüksek lisans dönem projesi danışmanlığımda hazırlanmış olup 25.07.2018 tarihinde son kontrolü yapılarak Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri EnstitüsüEndüstri Mühendisliği Anabilim Dalı tezsiz yüksek lisans dönem projesi olarak kabul edilmiştir. |
|

|  |  |
| --- | --- |
|  | İmza |
| DanışmanProf. Dr. Aşkıner GÜNGÖR |   |
|  |  |

 |
| Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun ……………. tarih ve ……………. sayılı kararıyla onaylanmıştır. |
|  Prof. Dr. Uğur YÜCELFen Bilimleri Enstitüsü Müdürü |

**Bu dönem projesinin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**

**HÜSEYİN OZAN CENGİZ**

İMZA

|  |
| --- |
| ÖZET |
| ELEKTRİK SİSTEMLERİNİN BAKIM ÇALIŞMASI |
| tezsiz Yüksek Lisans dönem projesi |
| HÜSEYİN OZAN CENGİZ |
| PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ |
| Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı |
|  |
| (DANIŞMANI:PROF. DR. AŞKINER GÜNGÖR) |
| DENİZLİ, Temmuz - 2018 |
| Elektrik enerjisi dağıtımında tesis güvenilirliği, sistemlerin ilk gün ki gibi verimli çalışması ile bağlantılıdır. Bu ise her zaman iyi bir bakım ile mümkün olmaktadır. Elektrik sistemlerinin tesise/binaya en güvenli ve en verimli bir biçimde dağıtılması için iletimlerde kullanılan elemanların bulunduğu kabine elektrik panosu adı verilmektedir. Elektrik panosu, şalt malzemeleri, kablolar gibi elektrik iletimini gerçekleştiren elemanların yer aldığı donanımdır. Elektrik tesisatında en önemli husus, elektrik enerjisinin üretilmesi ve aktarılması aşamasında güvenliği sağlamaktır. Hem insanların sağlığı hem de elektronik aletlerin güvenli kullanımı için elektrik panosu üretim aşamasında kaliteli malzemelerin kullanılması ve sistemin düzenli ve periyodik bakımlarının yapılması güvenli kullanım açısından çok önemlidir. Bu tez çalışmasında elektrik sistemlerinin ve panoların daha güvenilir bir hale getirilmesi için yapılacak olan bakım ve onarım çalışmasından bahsedilmiştir. Aynı zamanda verim arttırmak için gerekli olan çalışmalar detaylı olarak incelenmiştir ve verim arttırmada bakımın önemine vurgulanmıştır.  |
| **ANAHTAR KELİMELER: Elektrik, Sistem, Bakım** |
| ABSTRACT |
| Servıces work of electrıcal systems |
| mac non-thesıs term project |
| hüseyin ozan cengiz |
| PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE |
| IndustrIal EngIneerIng |
|  |
| (SUPERVISOR:prof. dr. aşkıner güngör) |
| DENİZLİ, July 2018 |
| Plant reliability in electricity energy distribution is linked to efficient operation of the systems as they did on the first day. This is always possible with good care. In order to distribute electrical systems safely and most safely and most efficiently, the cabinet is called electric cabinet where the elements used in transmissions are located. It is the equipment in which electric conduction equipment such as electric panel, switchgear material, cables etc. is carried out. The most important issue in the electrical installation is the generation of electrical energy and the security in the process of transferring. The use of quality materials and the regular and periodic maintenance of the system are crucial for safe use, both for the health of people and the safe use of electronic appliances. In this thesis, the maintenance and repair work to make electrical systems and panels more reliable has been mentioned. At the same time, the studies required to increase yield have been examined in detail and emphasized the importance of maintaining efficiency. |
| **KEYWORDS: Electricity, System, Services** |

İÇİNDEKİLER

 Sayfa

[ÖZET i](#_Toc518158009)

[ABSTRACT ii](#_Toc518158010)

[İÇİNDEKİLER iii](#_Toc518158011)

[ŞEKİL LİSTESİ iv](#_Toc518158012)

[TABLO LİSTESİ v](#_Toc518158013)

[SEMBOL LİSTESİ vi](#_Toc518158014)

[ÖNSÖZ vii](#_Toc518158015)

[1. GİRİŞ 1](#_Toc518158016)

[1.1 Literatür Araştırması 2](#_Toc518158017)

[1.2 Projenin Amacı 3](#_Toc518158018)

[2. SANTRALLERDE ENERJİNİN İLETİMİ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ 4](#_Toc518158019)

[3. BAKIM TANIMI VE TARİHÇESİ 5](#_Toc518158020)

[3.1 Bakım 5](#_Toc518158021)

[3.1.1 Birinci Nesil Bakım 6](#_Toc518158022)

[3.1.2 İkinci Nesil Bakım 7](#_Toc518158023)

[3.1.3 Üçüncü Nesil Bakım 7](#_Toc518158024)

[4. ELEKTRİK VE ENERJİ SİSTEMLERİNDE GÜVENİLİRLİK MERKEZLİ BAKIM UYGULAMASI 9](#_Toc518158025)

[4.1 Enerji İletim Sistemleri 9](#_Toc518158026)

[4.1.1 Transformatör alt mekanizması 12](#_Toc518158027)

[4.1.2 Enerji İletim Hattı Alt Mekanizması 13](#_Toc518158028)

[4.1.3 Gazlı Kesici Alt Sistemi 14](#_Toc518158029)

[5. BAKIM UYGULAMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE SONUÇLARI 17](#_Toc518158030)

[6. KAYNAKLAR 18](#_Toc518158031)

[7. ÖZGEÇMİŞ 19](#_Toc518158032)

ŞEKİL LİSTESİ

 Sayfa

[**Şekil 3.1:** Geçmişten günümüze bakım mantığı ve tekniğinin gelişimi 6](#_Toc519618007)

[**Şekil 4.1:** Güvenilirlik merkezli bakıma göre karar şeması 15](#_Toc519618008)

TABLO LİSTESİ

 Sayfa

[**Tablo 4.1:** Türkiye’de kullanılan transformatör sayıları ve güçleri (Kv) 10](#_Toc519618247)

[**Tablo 4.2:** Transformatörlerin güvenilirlik merkezli bakıma uygulamasına göre bakım periyodu 10](#_Toc519618248)

[**Tablo 4.3**: Örnek transformatörün güvenilirlik merkezli bakıma uygulamasına göre arıza tablosu 12](#_Toc519618249)

[**Tablo 4.4:** Örnek enerji iletim hattı güvenilirlik merkezli bakıma uygulamasına göre arıza tablosu 13](#_Toc519618250)

[**Tablo 4.5:** Örnek gazlı kesiciler güvenilirlik merkezli bakıma uygulamasına göre arıza tablosu 14](#_Toc519618251)

SEMBOL LİSTESİ

**ÇYG :** Çok yüksek gerilim

**OG :** Orta gerilim

**GMB :** Güvenilirlik merkezli bakım

**F :** Fonksiyon

**FF :** Fonksiyonel arıza

**FM :** Arıza türü

**FE :** Arıza etkileri

ÖNSÖZ

Elektrik Sistemlerinin Bakım Çalışması adlı yüksek lisans tez çalışmam süresince bana desteğini esirgemeyen özellikle bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım danışmanım Sayın Prof. Dr. Aşkıner Güngör ve çalışmam süresince desteklerini esirgemeyen Pamukkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı başkanlığına teşekkürlerimi borç bilirim.

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi, günümüzde bir ülkenin gerek ekonomik gerekse sosyal gelişiminin en temel sürükleyici ögelerinden birisidir. Günümüzde hassas cihazların kullanımının artması ve günümüz ekonomik şartları nedeniyle; kesintisiz bir elektrik enerjisinin olması, güvenilir ve güç problemlerinin önemli ölçüde azaltıldığı ve kesintilerden arındırılmış olması ve en önemlisi tüm bunların düşük bir maliyet çerçevesinde yapılması istenmektedir.

Elektrik enerjisinin talep dağılımı; sanayi alanında %49, konut ve hizmet kuruluşlarında %47, ve diğer sektörlerde %4 oranlarında seyretmektedir. Tüm bunların yanında Türkiye’de bu ihtiyacın %28’lik kısmını karşılamaktadır. Bu talebin en verimli ve güvenli bir biçimde gerçekleştirilebilmesi için;

* Enerji verimliliği çalışmalarının arttırılması ve teşvik edilmesi gerekmektedir.
* Bakım ve onarım çalışmalarına dikkat edilerek enerji kayıplarının önüne geçilerek daha verimli sistemler oluşturulmalıdır.
* Ülkemizin konumu ve ekonomik koşullarının enerji sektöründe mevcut yapıya ve enerji kaynaklarına en uygun yasal düzenlemeler ve standartların hayata geçirilmesi gibi önemli politikalar etkili olmaktadır.

Endüstriyel tesislerin teknoloji ve sanayi alanlarında gelişmesi ile birlikte rekabet ortamında ayakta kalabilmeleri için bazı yönetim süreçlerine ihtiyaçları vardır. Bu süreçler doğal olarak sadece üretim, planlama, satış değil aynı zamanda verim, kalite ve istikrarlı bir üretim için önemli ve yüklü miktarlarda yatırım gerektiren süreçlerdir.

1930’lu yıllarda bakım çalışmalarına yapılan yatırımlar ile zaman içerisinde daha da gelişerek bakım faaliyetlerinin de ortaya çıkması sağlanmıştır. Onarıcı bakım maliyetlerinin yüksek oluşu sanayi uygulamalarında tartışılarak periyodik bakım olarak uygulanmasının daha ekonomik ve daha verimli olduğu sonucuna varılmıştır.

Periyodik bakım uygulamalarında kullanılan teknoloji ile arızaların daha önceden belirlenmesi sürecin gelişmesine sebep olmuştur. Kestirimci bakım yönteminin en önemli özelliği ise denetleme ve test yöntemleri ile oluşabilecek arızalar daha önceden tespit edilerek önlemlerin alınmasıdır.

Mevcut üretim bandında verimliliğin artması ile daha kaliteli ve daha kısa sürede az kayıpla üretim yapılabilmesi işletmelerin temel hedefleri arasında bulunmaktadır. Bu da nitelikli eleman ve doğru makine teçhizat kullanımı ile mümkün olmaktadır. Bakım sürecine doğru veriler ile girilmesi durumunda bakım verimliliği artarak maliyeti düşürmekte, kalite arttırmakta ve zaman kazancı sağlamaktadır.

İşletmeler genellikle bakım ihtiyaçlarını iki farklı şekilde karşılamaktadır. Birinci yöntemleri kendi bakım ekiplerini oluşturarak yaptıkları bakım çeşididir. İkincisi ise dışarıdan başka bir firmadan alınan farklı bakım hizmetleri ile olmaktadır. Bakım ihtiyaçlarını dışarıdan hizmet alımı ile karşılayan firmalar genellikle kendi bünyelerinde bakım için gerekli ekipmanlar ve teçhizatlar bulunmadığı için bakım maliyetleri diğerine oranla daha yüksek olmakta ve daha uzun süreçler gerektirmektedir. Bu süreçte önemli hususlardan birisi de tabi ki güvenilirlik merkezli bakım sistemleridir.

Bu çalışmada güvenilirlik merkezli bakım yöntemleri ve bileşenleri ile elektrik enerji sistemlerindeki uygulaması incelenmiştir.

* 1. Literatür Araştırması

Bertling L. ve ark. (2005), farklı bakım görevlerinin elektrik sistemlerindeki güvenilirliği üzerindeki etkisini karşılaştırmak için sezgisel bir yöntem önermişlerdir. Ekipman arıza oranları iki şekilde düşünülür: zaman ve bakım önlemlerinin bir fonksiyonu olarak sürekli ve değişkendir. Her bakım görevinin şebekedeki etkisi, arızaların, kesintilerin maliyetlerini göz önünde bulunduran bir maliyette üretilen varyasyon ile değerlendirmişlerdir. Verilen görevler ile sistem bileşenlerinin güvenilirliği arasındaki ilişki basit bir ilişki olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Metodoloji, yeraltı kablolarından oluşan bir 11 kV sistemi kullanılarak test edilmiştir. Uzun süren bir çalışma neticesinde bakım çalışmasının maliyet düşürücü bir etki olduğu sonucuna varmışlardır.

Sittithumwat ve ark. (2004), koruyucu bakım için mevcut kısıtlı kaynaklar karşısında, bir optimizasyon yaklaşımı gerektiğini düşündüler. Yaygın nedenli arızaları dikkate alarak dağıtım sistemlerinin elektrik bileşenleri için bakım optimizasyonu üzerine çalışmalar yapmışlardır. Çalışma neticesinde bakım çalışmasının olası yangın ve arızalarının önlenmesine etkisi olduğu neticesine varmışlardır.

Ryan ve ark. (2014), olay tabanlı bir Monte Carlo simülasyonu kullanarak bozulma ve ağ bakımını içeren rüzgar yüküne maruz kalan işlenmiş ve işlenmemiş dağıtım direklerinin güvenilirlik değerlendirmesi için bir çerçeve sunmuşlardır. Çerçeve, ağ bakımını birleştirerek en gelişmiş teknolojiyi ilerletirken, bakım stratejilerini optimize etmeye veya sistem performansını dikkate almaya çalışmamıştır.

Winkler ve ark. (2010), kasırgaların sistem güvenilirliği üzerindeki etkilerini araştırmak için kasırga hasar tahminlerini ve topolojik özellikleri birleştirmek için bir metodoloji sunmaktadır. Araştırmada trafo merkezleri, iletim hatları ve dağıtım hatları dikkate alınmıştır. Sistem güvenilirliği, ağ örgüsü, merkeziyet ve kümelenme gibi topolojik özellikler ile ilişkili bulmuşlardır.

* 1. Projenin Amacı

Yapılan incelemeler ve araştırmalar doğrultusunda elektrik ve enerji sistemlerinde verimliliğin ve üretimin arttırılabilmesi için bakım onarım faaliyetlerinin etkisi araştırılmıştır. Bakım çalışmaları ile daha önceden olası kazaları ve hasarları daha önceden tespit ederek hem yüklü onarımın önüne geçilerek üretim aşamasında oluşabilecek arızalar engellenerek üretimin kesintisiz bir biçimde devam etmesi sağlanacaktır.

1. SANTRALLERDE ENERJİNİN İLETİMİ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Elektrik santrallerinde enerji verimliliği arttırmak için birtakım iyileştirmeler geliştirilmektedir. Bu iyileştirmeler sayesinde hem elektrik enerjisinin üretiminde verimlilik artmış hem de maliyet düşürülmüştür. Bu sistemlere örnek olarak hem elektrik hem de ısının aynı sistemlerde üretildiği kojenerasyon sistemleri örnek olarak gösterilebilir. Elektrik enerjisinin depolanamaması sebebiyle üretildiği anda kullanılması gerekmektedir. Ayrıca elektrik enerjisi sektöründe hizmetin daimi ve kaliteli, kesintisiz olarak verilmesi esas olmaktadır. Bu yüzden elektrik enerjisi üretiminde yöneticiler ve mühendisler üretimden iletim aşamasına kadar her aşamayı planlamak durumundadır. Kamu yönetimindeki kuruluşlar en iyi yönetim modelleri ile ülke çapında merkezi bir planlama yapmak zorundadır. Bu planlama içeriği ise personel kalitesi arttırmak ile verimliliği arttırmanın yanı sıra planlı ve bilinçli yatırımlar yaparak uzun vadeli kesintisiz enerji kaynağı sağlamaktır. Tüm bunların yapılabilmesi için yüksek yatırım yapılan enerji tesislerinin eksiksiz ve tam anlamıyla işletilebilmesi için bakım onarımın zamanında ve düzenli olarak yapılarak hizmette aksamaların önüne geçilmesi gerekmektedir. Ülkemizde elektrik enerjisinin büyük bir kısmı sanayi alanında tüketilmektedir. Bu nedenle enerji verimlilik çalışmaları en çok yoğunlaşılması gereken konulardan birisidir. Faaliyetlerin bu alana yönelmesinin birkaç sebebi vardır. Bunlar;

* Sanayi alanındaki enerji tasarruf önlemleri, genellikle sanayinin gelişmesi ve rekabet gücünün artışından dolayı etkin bir rol oynamaktadır.
* Enerji muhasebesi ve enerji maliyetlerinin teknik olarak anlaşılması ve diğer alanlara göre sanayide daha profesyonelce bilinen bir konudur.
* Enerji tasarrufu postansiyeli diğer sektörlerden, örneğin özel mülkiyetli konutlardan daha az olsa bile, bu tasarruflar daha az maliyetle gerçekleştirilebilmektedir ve yatırım sürecine bakıldığında 3 yıldan daha kısa bir sürede kendini amorti etmekte ve maliyetini çıkarmaktadır.
1. BAKIM TANIMI VE TARİHÇESİ
	1. Bakım

Bakım kelimesinin sözlük anlamına bakıldığında çalışmakta olan bir sistem elemanlarının çalışma durumu ve sürekliliğinin sağlanabilmesi için gerekli olan önlemlerin arıza öncesi tespit edilip onarılması işlemidir. Bakım kelimesi her türlü alet, ekipman ve cihazın kullanılmaya başlandığı tarihten beri gündemdedir. Belirli ekipmanları çalışır durumda tutabilmek, arızaları önlemek ve işlevini yerine getiremeyecek durumdaki elemanların tekrar işlev görebilecek hale getirilmesi için yapılan tüm faaliyetler bakım kapsamına girmektedir. Bakım verimin, ucuzluğun, kalitenin, insanın, çevre sağlığının ve küresel rekabetin arttığı günümüzde endüstriyel alanlarda kuruluşlar için önemli bir hale gelmiştir. Özellikle elektrik sektöründe hassas uygulama yapılan yerlerde yangın veya iş güvenliği açısından elektrik panoları ve elektrikle çalışan tüm ekipmanların bakımına dikkat edilmesi gerekmektedir. Bakımı yapılmamış bu elemanlar geri dönüşü olmayan ciddi problemler ortaya çıkarabilmektedir. Elektrik üretimi ve dağıtımı yapan işletmelerde bakıma önem verilmesinin başlıca nedenleri;

* Elektrik sisteminde ve panolarda bulunan bileşenlerin ömrünü uzatma
* Sistemden kesintisiz yararlanma sağlama
* Elektrik sisteminde kesintiden kaynaklı doğacak zararları azaltma
* İşletme giderlerini azaltma gibi nedenler sıralanabilir.

1930’lu yıllardan günümüze kadar olan bakım türleri Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.1:** Geçmişten günümüze bakım mantığı ve tekniğinin gelişimi

* + 1. Birinci Nesil Bakım

Birinci nesil bakım tekniği olarak bilinen düzeltici bakım arızalanma durumunda onarma politikasını izleyen en ilkel bakım tekniğidir. İkinci Dünya Savaşı’na kadar olan süreçte bu yöntem uygulanmıştır. Bu dönem makineleşmenin yaygın olmadığı dönemde ortaya çıkmıştır. Bu sebeple endüstri açısından pek önem teşkil etmemektedir. Bu dönemde kullanılan sistemler ilkel yapıda olması sebebiyle elemanların zarar görmesi zaman ve ekonomik açıdan ciddi sorunlar teşkil etmiyordu. Bu nedenle arıza meydana gelene kadar sistemin veya bileşenlerinin bakıma sokulması gerekmiyordu. Bakım arıza sonrası yapılmaktaydı. Fakat arıza çıktıktan sonra zaman, maliyet ve üretim kayıpları büyük olabilmekteydi. Birinci nesil bakım sistemi en düşük düzey bakım sistemi olarak bilinmektedir. Ayrıca bu bakım yöntemi yapıldığı dönemde yedek parçaların hazır bir şekilde stoklarda bulundurulması gerekmekteydi.

 Birinci nesil bakım sisteminin avantajları sıralanacak olursa;

* Düşük maliyet (1930’lu yılların teknolojisinde)
* İnsan gücüne az ihtiyaç duyulması

Dezavantajları ise;

* Beklenmedik anda meydana gelebilecek arızalarda maddi kayıpların çok yüksek olması
* Plansız arıza yüzünden iş kaybı
* Arıza durumlarından kaynaklanan zaman kaybı
* Değişim ve onarım bedeli
	+ 1. İkinci Nesil Bakım

İkinci Dünya Savaşı’ndan sonra insan kayıpları ile insan gücünün azalması mekanikleşmeye yönlenmiştir. Endüstriyel Faaliyetler giderek artmış ve 1950’li yıllardan sonra karmaşık yapıdaki elemanlar endüstride yerini almıştır. Makineleşme sonunda endüstrideki gelişim büyük bir hızla ilerlemiştir. Bu sebeple çıkan her arıza önemli olumsuzluklara yol açmaya başlamıştır. Bu nedenle önleyici bakım çalışmaları burada devreye girmiştir. Cihazlar ve sistemler, üretici firmalar tarafından belirlenen aralıklarda, önerildiği biçimde yapılan periyodik bakımlara yönlendirmiştir. Test, ölçme, ayarlama gibi faaliyetlerin adı olarak da bilinmektedir.

* + 1. Üçüncü Nesil Bakım

1970’lerin ortasında başlayarak günümüze kadar gelen süreçte hızlı bir şekilde gelişen endüstriyel faaliyetler ve üretim aşamasındaki meydana gelebilecek tüm arızaları önceden tespit ederek ciddi sorunların önüne geçilmesine sebep olmaktadır.

Üçüncü nesil bakım kısaca;

* En üst düzeyde güvenilirlik ve kullanılabilirlik sağlar
* Olası arızalar daha önceden belirlenerek yüksek güvenlik önlemleri alınarak sağlanır
* Ürün kalitesini arttırıcı etkisi vardır
* Çevreye duyarlı tesisler
* Dayanıklı süreç elemanları
* Karda fayda gibi özellikleri vardır.
1. ELEKTRİK VE ENERJİ SİSTEMLERİNDE GÜVENİLİRLİK MERKEZLİ BAKIM UYGULAMASI

Elektrik enerjisi günümüzde insanlık için vazgeçilmez bir ihtiyaçtır. Günümüzde elektrik olmadığını düşündüğümüzde hayat durma noktasına gelmektedir. Diğer bir yandan bakılacak olursa aynı zamanda elektrik kaynaklarının da tükendiği görülmektedir. Elektrik enerjisi depolanması zor olan bir enerji türü olduğundan hassas bir durum söz konusudur. Bu yüzden son zamanlarda enerji verimliliği konusu da ciddi bir araştırma konusu haline gelmektedir. Elektrik enerjisinin tarihçesine bakıldığında 19.yüzyılın sonlarında bulunup ilk olarak sadece aydınlanma olarak kullanılmaya başlanmıştır. Zaman içerisinde sanayileşmenin artması ile elektrik enerjisine duyulan ihtiyaç da aynı oranda artmaya başlamıştır.

Burada, elektrik üretim ve dağıtım sistemlerindeki ara bağlantı elemanları olan sistemler için kullanılan güvenilirlik merkezli bakım uygulaması tekniğine genel anlamda giriş yapılacaktır.

* 1. Enerji İletim Sistemleri

Elektrik enerji iletim sistemleri; üretim aşamasından sonra enerjinin nakledildiği kullanım alanlarına gönderildiği sistemlere verilen isimdir. Burada 380 kV çok yüksek gerilim (ÇYG) ve 154 kV yüksek gerilim hatları, 380/154 kV oto-transformatörler ve 380/OG, 154/OG indirici tranformatörlerden ve bu elemanları birbirine bağlayan ve koruyan yardım elemanlardan oluşan bir elektrik sistemimiz mevcuttur. Aynı zamanda ulusal elektrik sistemimiz ekonomik ve teknik açıdan avantajları nedeniyle yeteri kadar seri ve şönt kapasitörlerle donanımlıdır. İletim sistemi gerilim düzeyi 380 kV, 154 kV, ve sınırlı sayıda 66 kV sistem ile standartlaştırılmıştır.

Türkiye’de elektrik iletim sistemlerinde kullanılan transformatörlerin sayısı ve güçleri Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1: Türkiye’de kullanılan transformatör sayıları ve güçleri (Kv)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **380kV** | **154kV** | **66kV** | **TOPLAM** |
| ADET | GÜÇ (MVA) | ADET | GÜÇ (MVA) | ADET | GÜÇ (MVA) | ADET | GÜÇ (MVA) |
| 153 | 28715 | 963 | 52669 | 57 | 672 | 1173 | 82056 |

 Elektrik enerjisi iletim sistemlerinde güvenilirlik merkezli bakım politikası izlenmektedir. İncelenecek elemanları üç gruba ayırarak inceleyebiliriz;

* Transformatörler
* Enerji iletim hatları
* Anahtarlama sistemleri

Bu elemanların bakımları güvenilirlik merkezli bakım gereğince belirli standartlaşmış sürelerde yapılmak zorundadır. Transformatörler ve merkezlerinin periyodik bakım süreleri Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4.2: Transformatörlerin güvenilirlik merkezli bakıma uygulamasına göre bakım periyodu

|  |  |
| --- | --- |
| Transformatör ve Transformatör alt sistemleri | Bakım periyodu |
|  | 6 ayda bir | Yılda bir |
| Metal gövde bakımı  | X |  |
| Yağ kontrolü  | X |  |
| Buşinglerinin bakımı  | X |  |
| Soğutma sistemi bakımı  | X |  |
| Bağlantılarının kontrol ve bakımı  | X |  |
| Sargıların yalıtkanlık kontrolü  |  | X |
| Conta ve cıvatalarının kontrolü  |  | X |
| Transformatör merkezi bara ve izolatörlerinin kontrol ve bakımı  | X |  |

Üç farklı alt bölümde incelenen enerji iletim hatları sistemleri güvenilirlik merkezli bakım (GMB) yöntemi ile enerji iletim sistemleri daha verimli ve güvenilir bir şekilde yapılmaktadır. Bu sebeple sistemi bölümlere ayırarak 3 alt bölümde ayrılarak ayrı ayrı incelenmektedir. Burada her bir sistem elemanı için formlar oluşturularak güvenilirlik merkezli bakım yöntemine göre standartlaştırılmış diyagramlar vasıtası ile formları hazırlanır.

Genellikle transformatörlerde başlıca arızalar toprak-toprak, faz-faz, 2 faz- toprak, 3 faz-toprak ve açık devre olarak 5 grupta incelenirler. Arıza çeşidi olarak ise genellikle çevre şartları, mekanik ve elektrik arızaları olabilmektedir. Bu arızalara örnek olarak aşağıdaki maddeler verilebilmektedir;

* Elektrik arızaları: yüksek akım, frekans düşüşü, röle hataları, santral kaynaklı hatalar veya dağıtım sistemi kaynaklı hatalar
* Mekanik arızalar: yay kopması, ek yerlerinde hasarlar, koruma telinin hasar görmesi, direk kırılmaları, donanım sorunları gibi hatalar
* Çevre şartları: yıldırım çarpması, fırtına, rüzgar gibi şeyler olabilmektedir.
	+ 1. Transformatör alt mekanizması

Transformatör alt mekanizmasını oluşturan ana parçalar; sargılar, yağ kazanı, yağ, soğutma sistemi ve buşinglerdir. Bu elemanlara ait genel arıza türleri güvenilirlik merkezli bakım tekniğine göre hata tablosu standart bir şekilde örnek olarak Tablo 4.3’de gösterilmiştir.

Tablo 4.3: Örnek transformatörün güvenilirlik merkezli bakıma uygulamasına göre arıza tablosu

|  |  |
| --- | --- |
| Güvenilirlik Merkezli Bakım Bilgi Formu | Sistem: Transformatör |
| Alt Sistem: Transformatör sargısı, buşing, yağ kazanı, soğutma |
| Fonksiyon (F) | Fonksiyonel Arıza (FF) | Arıza Türü (FM) | Arıza Etkileri (FE) |
| 1. Güç Transformatörü
 | 1. Faz- Toprak arızası | a. Yıldırım | Devre dışı kalma |
| b. Açma kapama aşırı gerilimi |
| c. Buşing arızası |
| d. Yağdan kaynaklı arıza |
| 2. Faz- Faz arızası | a. Yağdan kaynaklı arıza | Devre dışı kalma |
| b. Trafo sargı yalıtım problemi |
| 3. Aşırı yükleme | a. Yükün artması | Devre dışı kalma |
| b. Ortam sıcaklığı |

* + 1. Enerji İletim Hattı Alt Mekanizması

Enerji iletim hattını oluşturan parçalar; iletim direği ve hattı, izolatör, topbaşı ve hırdavat malzemeleridir. Enerji iletim hattı elemanları güvenilirlik merkezli bakım tekniğine göre hazırlanan tablo aşağıda gösterildiği gibi Tablo 4.4’de gösterilmiştir.

Tablo 4.4: Örnek enerji iletim hattı güvenilirlik merkezli bakıma uygulamasına göre arıza tablosu

|  |  |
| --- | --- |
| Güvenilirlik Merkezli Bakım Bilgi Formu | Sistem: Enerji İletim Hatları |
| Alt Sistem: İletim direkleri ve kabloları, izolatör, topbaşı ve hırdavat malzemeleri |
| Fonksiyon (F) | Fonksiyonel Arıza (FF) | Arıza Türü (FM) | Arıza Etkileri (FE) |
| 1. Enerji İletiminin Sağlanması
 | 1. Faz- Toprak arızası | a. Yıldırım | Enerji Kesintisi |
| b. İletken kopması |
| c. Açma kapama aşırı gerilimi |
| d. Hırdavat |
| e. İzolatör |
| f. Kötü hava koşulları |
| 2. Faz- Faz arızası | a. İletken Kopması | Enerji Kesintisi |
| b. Göçmen Kuşlar |
| c. Kötü hava koşulları |
| 3. Faz- Toprak arızası | a. Elektriksel | Enerji Kesintisi |
| b. Hırdavat |
| c. Kötü hava koşulları |
| d. Direk yıkılması |
|  |

* + 1. Gazlı Kesici Alt Sistemi

Gazlı kesici alt sistemini oluşturan elemanlar; SF6 gaz, ventil, açma kapama sistemi, elektrikli donanım gibi parçalardır. Güvenilirlik merkezli bakım tekniğine göre örnek hatalar Tablo 4.5’de gösterilmiştir.

**Tablo 4.5:** Örnek gazlı kesiciler güvenilirlik merkezli bakıma uygulamasına göre arıza tablosu

|  |  |
| --- | --- |
| Güvenilirlik Merkezli Bakım Bilgi Formu | Sistem: Gazlı Kesiciler |
| Alt Sistem: SF6 gaz, ventil, açma kapama sistemi, elektrikli donanım |
| Fonksiyon (F) | Fonksiyonel Arıza (FF) | Arıza Türü (FM) | Arıza Etkileri (FE) |
| 1. Açma-kapama
 | 1.Mekanizma otomatik kurmuyor  | a. Elektrik motoru  | Bakıma Alındı |
| b. Sigorta  |
| c. Kablolama  |
| 2.Kesici kapamıyor  | a. Kapama bobini arızası  | Bakıma Alındı  |
| b. SF6 Gaz basıncı düşük  |
| 3.Kesici elle veya uzaktan açma kumandası almıyor  | a. Kesici tam kapatmamıştır.  | Bakıma Alındı |
| b. Açma bobini arızalıdır.  |

Bu bakım yönteminde tüm bu arızalar bir elektrik sisteminde tespit edilir ve tablolarda görüldüğü gibi rapor edilerek yazılı olarak olası hatalar veya olması beklenen hatalar göz önüne serilir. Bundan sonraki aşama değerlendirme ve bakım yöntemlerinin belirlenerek hangi çalışmaların yapılacağıdır. Tablolar yapıldıktan sonra elektrik sistemi bakımı için karar analizi gerekmektedir. Karar analizi için ise Şekil 4.1’de gösterilen şemaya uygun bir biçimde yapılmaktadır.



**Şekil 4.1:** Güvenilirlik merkezli bakıma göre karar şeması

Şekil 4.1’de gösterilen şemaya göre ilk olarak EVET- HAYIR sorularına yanıt verilmesi gerekmektedir. Bu yanıtlar Tablo 4.3, 4.4 ve 4.5 de belirlenen arızaların üzerinde verilerek E-H harfleri ile yazılarak belirtilmelidir. Bu karar aşamasından sonra bir sonraki adıma geçilerek en uygun görülen bakım faaliyeti uygulanmaktadır.

Kısaca özetlemek gerekirse elektrik sistemlerinde bakım faaliyetleri için aşamalar;

1. Kestirimci bakım faaliyetleri belirlenerek tablo haline getirilmesi gerekmektedir.
2. Periyodik bakım uygulaması yapılarak bakım yapılacak elemanların belirlenmesi
3. Erken saptama metoduyla teknik anlamda uygun olmayan arızaların bakımına izin verilerek onarıcı bakım yöntemi uygulanacaktır.
4. Elektrik sisteminde herhangi bir arıza olması durumu için arızalanan parça ile aynı işlevi yerine getirebilecek elemanın tekrar kurulmaya hazır olarak bekletilmesi gerekmektedir.
5. Eğer olumsuz bir durum olması ihtimaline karşın acil durum için hazırda farklı bir tasarım yapılması gerekir.
6. BAKIM UYGULAMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE SONUÇLARI

Bu çalışmada yukarıda anlatıldığı gibi bir elektrik iletim sisteminin bakım uygulaması için güvenilirlik merkezli bakım uygulaması tekniğinden bahsedilmiştir. Bahsedilen bu yöntem için aşamalar teker teker izlenerek karar mekanizması oluşturulur. Şekil 4.1’deki karar aşamasından sonra bakımlar sırasıyla uygulanarak hatalar giderilerek ideal, kesintisiz, güvenli bir çalışma ortamı sağlanır. Kısaca bu yöntem değerlendirilecek olur ise yöntem ile oluşabilecek arızalar daha önceden tespit edilerek önlenebilecektir. Bu yöntemde güvenilirliği doğrudan etkileyebilecek olan sorunlar daha önceden belirlenerek sorunlar ortadan kaldırılmış olacaktır. Böylece daha uzun süreli ve daha büyük maliyet gereken arızaların önüne geçilerek bakım yapılmasında herhangi bir sakınca görülmemektedir.

Elektrik sistemlerinde süreklilik, teknolojinin kullanım yaygınlığı ve elektrik enerjisine duyulan ihtiyaçtan dolayı böyle bir yöntemin uygulanması doğru bulunmaktadır. Güvenilirlik merkezli bakım sistemi yönetimi, tüm bakım sistemlerini bir arada bulundurarak özellikle elektrik sistemlerinde uygulanması hayati önem taşımaktadır. Yukarıdaki bölümlerde anlatılan aşamaların adım adım uygulanması bakım işlemlerini son derece kolaylaştırmaktadır.

Elektrik sistemlerinde bakım programları incelendiğinde atmosferik koşullar, çevre koşulları, beklenmedik dış etkilerden dolayı çoğu zaman onarıcı bakım görülmektedir. Kestirimci bakım yöntemi ile planlı bir şekilde aşamalar ile ilerleyerek bakım yapıldığı zaman son derece verimli bir sistem çalışması sağlanmaktadır.

1. KAYNAKLAR

Bertling L., “A reliability-centered asset maintenance method for assessing the impact of maintenance in power distribution systems”, *IEEE Trans. Power Syst., Piscataway*, 20 (1), 75–82, (2005).

Moubray, J., “Reliability Centered Maintenance,” Jordan Hill, Oxford, *Elsevier Butterworth-Heinemann Lineacre House*, (1997).

Pamir A. N., “Dünyada ve Türkiye’de Doğal Kaynaklar ve Enerji Politikaları”, *DESEM,* İzmir, (2003).

Ryan P.C., “Reliability assessment of power pole infrastructure incorporating deterioration and network maintenance.”, *Reliab Eng Syst*, 132, 261–73, (2014).

Sittithumwat A., Soudi F, Tomsovic K. “Optimal allocation of distribution maintenance resources with limited information.”, *Electr Power Syst Res*, 68(3),208–20, (2004).

Sullivan, G.P., “Operations and Maintenance Best Practices A Guide to achieving Operational Efficiency”, *Pacific Northwest National Laboratory*, U.S., (2004).

Winkler J., “Performance assessment of topologically diverse power systems subjected to hurricane events.”, *Reliab Eng Syst Saf*, 95(4), 323–36, (2010).

1. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hüseyin Ozan CENGİZ

Doğum Yeri ve Tarihi : Merkezefendi/ DENİZLİ – 17.11.1988

Lisans Üniversite : Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi- Elektrik Elektronik Mühendisliği

Elektronik posta : ozancengz@hotmail.com

İletişim Adresi : Gültepe Mh. 4827 Sk. Neva Evleri A blok K.7 D.6 Merkezefendi/ DENİZLİ