

Akıllı Şebekelerde Arıza Tespiti: Bir Petri Ağı Uygulaması

Fault Diagnosis in Smart Grids: A Petri Net Application

Nihat Pamuk¹, Yılmaz Uyaroğlu²

¹Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
5. İletim Tesis ve İşletme Grup Müdürlüğü
nihatpamuk@gmail.com

²Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
Sakarya Üniversitesi
uyaroglu@sakarya.edu.tr

Özet

Günümüzde, elektrik enerjisine olan talepteki artış daha kaliteli ve daha güvenilir bir enerji kavramını ortaya çıkarmıştır. Elektrik şebekesinde meydana gelmesi muhtemel arızalara karşı önceden tedbir almak, arızalara hızlı müdahale etmek ve tüketicileri enerjisiz bırakmamak büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, elektrik güç sistemlerinin modellenmesinde grafiksel özelliği ve dinamik alt yapısı nedeniyle petri ağları kullanılmıştır. Gerçekleştirilen model ile sistemde oluşacak olan arızalar önceden tespit edilebilmekte, bu sayede arıza bölgesi onarılırken tüketicilerin enerjisiz kalma durumu ortadan kaldırılmaktadır.

Abstract

Nowadays, increase in demand for electrical energy revealed that the concept of better quality and more reliable energy. The occurrence of possible failures against take precautions, failure to intervene quickly and keep at consumers without energy are very important in electricity network. In this study, petri nets are used because of the graphical property and dynamic sub-structure in the modeling of electrical power systems. Performed with the model, which will occur in the system failures can be detected previously. So, the lack of energy situation is eliminated for consumers being repaired failure area.

1. Giriş

Ülkemizde ve dünyanın birçok ülkesinde elektrik şebekeleri büyük enerji santralleri ve uzun enerji iletim hatları ile birbirine bağlantılıdır. Ülkenin tamamının yada belirli bir bölgesinin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek bir biçimde üretim ile tüketim merkezleri arasındaki enerji alışverişini sağlayan iletim sistemlerine enterkonnekte şebekeler adı verilmektedir [1]. Enterkonnekte şebekeler alternatif

akım ile işletilmekte olup, herhangi bir bölgedeki sistem çökmesi durumunda meydana gelen dengesizlikler bütün sistemin çökmesine neden olmaktadır. Bu olumsuz durumların önlenmesi için, enerji sistemlerinde akıllı şebekelerin kullanılması gerekmektedir. Akıllı şebekeler, otomatik izleme ve analiz etme özellikleri ile elektrik arızalarını önceden tespit edebilen sistemlerdir [2].

Son zamanlarda elektrik sistemlerindeki arızaların önlenmesinde, enerji verimliliğinin artırılmasında ve sistemde oluşacak olan olumsuzlukların en aza indirilmesinde akıllı şebekeler kullanılmaktadır [3]. Modern şebeke alt yapıları birbirine bağlı şekilde tasarlanmıştır. Herhangi bir noktadaki değişim çok kısa sürede geniş bir alanı etkileyebilmektedir ve bu etki şebekeye çok fazla hasar verebilmektedir [4]. Bu sorunu çözmek için yetersiz hale gelen altyapının oluşturduğu dezavantajlar ortadan kaldırılmalı ve geliştirilmiş şebeke çözümleri sunulmalıdır [5].

Şebekede meydana gelmesi muhtemel arızaları algılayıp anında müdahale etmek için, güvenilir bir haberleşme sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Sistemin güvenilir, verimli ve etkin olabilmesi için, haberleşme sisteminin de aynı şekilde olması gerekmektedir [6]. Akıllı şebekeler, ileri düzey izleme ve teşhis teknolojileri kullanarak teçhizatların potansiyelinin ve performansının üst düzeylere çıkmasını sağlayarak teçhizatların verimliliğini artırırlar.

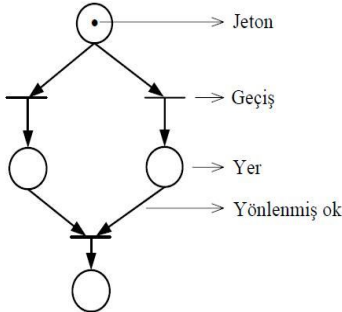
Uzaktan izleme ve kontrol teknolojilerini kullanarak enerji şirketlerinin kaynaklarını daha güvenilir ve verimli olacak şekilde de kullanmasını sağlarlar. Akıllı şebekeler, sayısal haberleşme sayesinde insan hatası ya da doğal afetler sonucunda meydana gelen bir hata ya da kesinti anında sistemin olabildiğince hızlı toparlanmasını sağlarlar. Bu çalışmada, akıllı şebekelerde oluşacak olan arızaların tespit edilerek önlenmesi için bir petri ağı uygulaması gerçekleştirilmiştir.

2. Petri Ağları

Petri ağları, Carl Adam Petri tarafından geliştirilen ve onun adıyla anılan, kesikli olaylı sistemlerin modellenmesinde, analizinde ve tasarımında kullanılan grafiksel ve matematiksel bir tekniktir [7]. Temel olarak çalışması sistem elemanları arasındaki ilişkiye bağlıdır. Petri ağları, eş zamanlı, eş zamansız, deterministik, paralel ve stokastik işlemlerin yer aldığı sistemlerle çalışma imkânı sağlar. Ayrıca modelde yer alan semboller yardımıyla, sistemdeki olaylar için bir benzetim imkânı sağlar. Matematiksel bir araç olarak sistemin davranışlarını açıklayan durum denklemlerinin elde edilmesine, cebirsel sonuçların bulunmasına ve diğer matematiksel modellerin geliştirilmesine yardımcı olur [8].

Temeli Carl Adam Petrinin doktora çalışmasına dayanan petri ağları, yazılım sistemlerinden esnek imalat sistemlerine, endüstriyel kontrol sistemlerinden çok işlemcili hafıza sistemlerine, veri akışı işleyen sistemlerden, programlanabilir mantık kontrol devrelerine ve güç sistemlerinin modellenmesine kadar geniş bir uygulama alanına sahiptir [9–10]. Son yıllarda bulanık petri ağı yaklaşımı yöntemiyle, arıza yerinin tespitinde kısıt ve amaç fonksiyonu dönüşümlerinde destek hiperdüzlemlerine yaklaşma yerine bulanık yaklaşımlar üzerinde durulmaktadır [13].

Basit bir petri ağı dört bileşenden oluşur. Bunlar, grafiksel gösterimde çember biçiminde ifade edilen konum, dikdörtgen kutu ya da çubuk şeklinde gösterilen geçiş, konum ve geçişi birbirine bağlayan yönlendirilmiş ok ve konumlar içinde nokta biçiminde gösterilen jetonlardır. Basit bir petri ağı bileşenleri Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Basit petri ağı bileşenleri.

Basit bir petri ağı yapısı beş bileşenden oluşan bir kümedir. Bu bileşenler; $PA = (P, T, Pre, Post, M_0)$ 'dir. Burada [11],

- $P : \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ sonlu sayıda boş olmayan mevkiler kümesini ifade etmektedir.
- $T : \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ sonlu sayıda boş olmayan geçişler kümesini ifade etmektedir. (N negatif olmayan tamsayılar kümesini göstermektedir).
- $Pre : (P \times T) \rightarrow N$ yerlerden geçişlere olan yönlendirilmiş sıradan okları tanımlayan giriş fonksiyonudur.
- $Post : (T \times P) \rightarrow N$ geçişlerden yerlere olan yönlendirilmiş sıradan okları tanımlayan çıkış fonksiyonudur.
- $M_0: P \rightarrow N$ Başlangıç işaretlemesini ifade etmektedir.

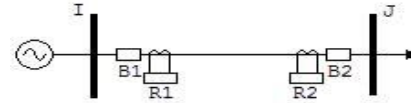
3. Güç Sisteminin Petri Ağları ile Modellenmesi ve Örnek Uygulamaları

Güç sistemlerinin koruma elemanlarının petri ağları ile modellenebilmesi için önerilen metod dört ana kısımdan oluşmaktadır [12]. Bunlar;

- Sistemin tanımlanması: Güç sistemlerinde bulunan baraların sayılarının belirlenmesi ve uygun koruma teçhizatlarının seçilmesi,
- Koruma bölgelerinin tanımlanması: Güç sistemlerindeki koruma bölgelerinin sınırlandırılması,
- Olası büyük arızaların tanımlanması: Güç sistemlerinde oluşacak olan büyük arızaların sistem üzerindeki etkilerinin benzetim yolu ile incelenmesi,
- Petri ağı yapılarının oluşturulması: Güç sistemindeki her bir arıza çeşidi için model yapısının oluşturulması ve sistemdeki her bir koruma elemanının arıza ihtimallerinin bulunması gerekmektedir.

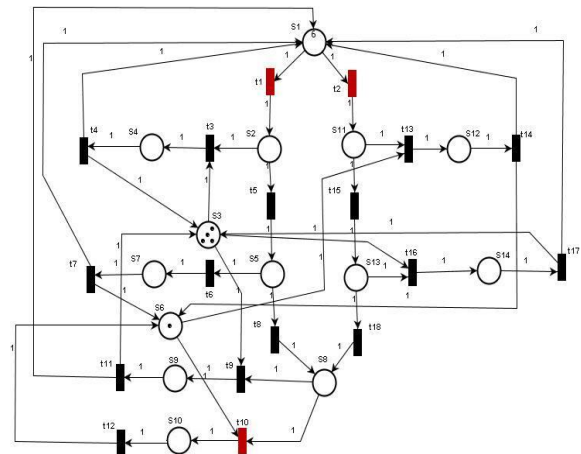
3.1. İki Baralı Güç Sisteminin Modellenmesi

İki baralı örnek bir güç sistemi Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu sistemde koruma bölgeleri petri ağları ile modellenmiştir. Şekil 2'deki R1 ifadesi I barasına ait akım trafolarını, B1 ifadesi ise söz konusu baraya ait koruma rölelerini ifade etmektedir. R2 ifadesi J barasına ait akım trafolarını, B2 ifadesi ise J barasına ait koruma rölelerini ifade etmektedir.



Şekil 2: İki baralı güç sistemi.

Modelleme sırasında, arıza oluşma olasılığı göz önünde bulundurulmuştur. I ve J baralarında aynı anda arıza olduğu düşünülmüş ve söz konusu duruma göre petri ağı modeli kurulmuştur. İki baralı güç sistemine ait petri ağı modeli Şekil 3'de gösterilmiştir.



Güç sistemlerinin çalışma şartları beş farklı durumda tanımlanır. Bunlardan üçü; alarm durumu, acil durum ve olağanüstü acil durumdur. Bu üç durumda ana ve ikincil koruma sistemleri çalışarak arızalı bölge elle açılmaktadır. Diğer iki çalışma durumu ise yenilenme ve normal çalışma halidir. Yukarıdaki iki baralı güç sistemi için oluşturulan petri ağı modeli PIPE4 programı kullanılarak analiz edilmiştir. PIPE4 benzetim programı gerek kullanım kolaylığı, gerek benzetimi anlık izleme ve sonuçları gösterme kabiliyeti ile çalışmamızda tercih edilmiştir. PIPE4 bulanık petri ağlarını destekler. Ağın büyüklüğü ve karmaşıklığı kullanılan bilgisayarın kapasitesi ile sınırlıdır. Benzetim, jeton oyunu animasyonu şeklinde görselleştirilebilmektedir. Bu işlem adım adım veya sürekli kipte yürütülebilir. Ayrıca hızlı kip ile benzetimin sonuçlarına direkt ulaşılabilir [14]. Analiz sonuçlarına göre % 0 ile % 5 arasında bir arıza olasılığı elde edilmiştir. İki baralı güç sistemi petri ağı modeline ait mevki ve geçiş kümeleri sırasıyla Çizelge 1 ve Çizelge 2'de gösterilmiştir.

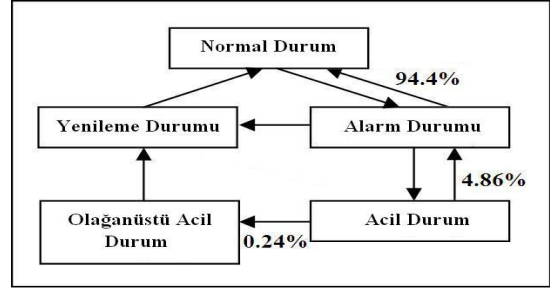
Çizelge 1: İki baralı güç sistemine ait petri ağı mevki kümeleri

| Mevki | Tanımlama |
|-------|---------------------------------|
| S1 | Başlangıç durumu |
| S2 | I barası arıza temizleme durumu |
| S3 | Ana korumanın kullanılması |
| S4 | Ana koruma arıza yalıtımı |
| S5 | Acil durumu |
| S6 | İkincil korumanın kullanılması |
| S7 | İkincil koruma arıza yalıtımı |
| S8 | Olağanüstü acil durum |
| S9 | Ana koruma kesici elle açma |
| S10 | İkincil koruma kesici elle açma |
| S11 | J barası arıza temizleme durumu |
| S12 | Ana koruma arıza temizleme |
| S13 | Acil durumu |
| S14 | İkincil koruma arıza yalıtımı |

Çizelge 2: İki baralı güç sistemine ait petri ağı geçiş kümeleri

| Geçiş | Tanımlama |
|-------|--------------------------|
| t1 | I barası arıza temizleme |
| t2 | J barası arıza temizleme |
| t3 | Ana koruma çalışma |
| t4 | Sistem yenileme |
| t5 | Ana koruma arıza |
| t6 | İkincil koruma çalışma |
| t7 | Sistem yenileme |
| t8 | İkincil koruma arıza |
| t9 | Elle açma |
| t10 | Elle açma |
| t11 | Sistem yenileme |
| t12 | Sistem yenileme |
| t13 | Ana koruma çalışma |
| t14 | Sistem yenileme |
| t15 | Ana koruma arıza |
| t16 | İkincil koruma çalışma |
| t17 | Sistem yenileme |
| t18 | İkincil koruma arıza |

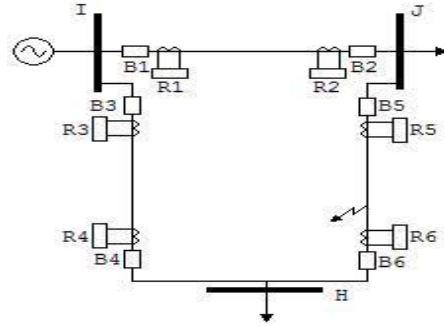
İki baralı güç sistemine ait benzetim sonuçları Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4: İki baralı güç sistemi benzetim sonuçları.

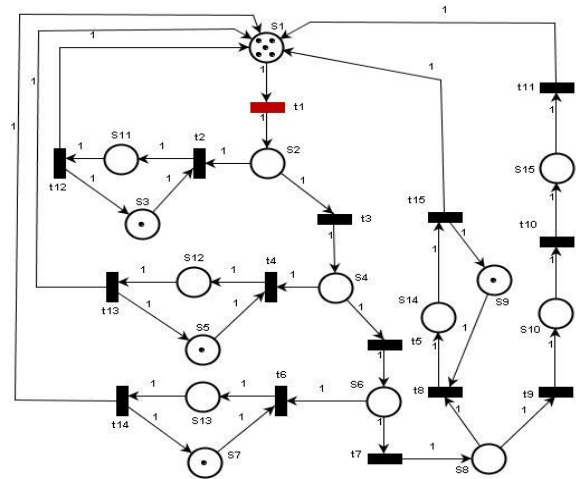
3.2. Üç Baralı Güç Sisteminin Modellenmesi

Üç baralı örnek bir güç sistemi Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5: Üç baralı güç sistemi.

Bu sistemde R1'den R6'ya kadar 6 adet koruma rölesi bulunmaktadır. H ve J baraları arasındaki enerji iletim hattında bir arıza olduğunda arıza H barası tarafından temizlenmektedir. Söz konusu sistemin petri ağı modeli Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6: Üç baralı güç sistemi petri ağı modeli.

Üç baralı güç sistemi petri ağı modeline ait mevki ve geçiş kümeleri sırasıyla Çizelge 3 ve Çizelge 4'te gösterilmiştir.

Çizelge 3: Üç baralı güç sistemine ait petri ağı mevki kümeleri

| Mevki | Tanımlama |
|-------|-------------------------------------|
| S1 | Başlangıç durumu |
| S2 | Alarm - arıza durumu |
| S3 | Ana korumanın kullanılması |
| S4 | Acil durumu |
| S5 | İkincil korumanın kullanılması |
| S6 | Acil durumu |
| S7 | İkinci bölge birinci ikincil koruma |
| S8 | Acil durumu |
| S9 | İkinci bölge ikinci ikincil koruma |
| S10 | Olağanüstü acil durum |
| S11 | Sistem yenileme |
| S12 | Sistem yenileme |
| S13 | Sistem yenileme |
| S14 | Sistem yenileme |
| S15 | Sistem yenileme |

Çizelge 4: Üç baralı güç sistemine ait petri ağı geçiş kümeleri

| Geçiş | Tanımlama |
|-------|-----------------------|
| t1 | Arıza durumu |
| t2 | 6 nolu koruma çalışma |
| t3 | 6 nolu koruma arıza |
| t4 | 5 nolu koruma çalışma |
| t5 | 5 nolu koruma arıza |
| t6 | 2 nolu koruma çalışma |
| t7 | 2 nolu koruma arıza |
| t8 | 4 nolu koruma çalışma |
| t9 | 4 nolu koruma arıza |
| t10 | Sistem yenileme |
| t11 | Elle açma |
| t12 | Elle açma |
| t13 | Elle açma |
| t14 | Elle açma |
| t15 | Elle açma |

Şekil 5'deki üç baralı güç sisteminin korunma işlemi sırasıyla R6 akım trafosundan alınan arıza bilgisinin B6 rölesinden açma sinyali gönderilmesi ile başlar. Eğer söz konusu B6 rölesine açma sinyali gönderilmez ise bu defa %80 ihtimal oranı ile ikincil bölgedeki koruma elemanları çalışır. Benzetim sonuçlarından ana korumaların sistem arızalarının % 95,6'sını ikincil korumaların ise % 4,67'sini temizlediği görülmüştür. Güç sistemindeki tüm korumalar aynı yapılandırma ve hata olasılıkları ile ele alındığı için, söz konusu arızaların yaklaşık %5'i acil durum seviyesindedir. İki ve üç baralı güç sistemleri için elde edilen tüm benzetim sonuçları Çizelge 5'de gösterilmiştir. İleriki çalışmalarda her koruma elemanı için başarısızlık oranlarını ilave olarak eklemek, gerçek değerlere daha yakın sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.

Çizelge 5: Benzetim sonuçları

| Sistem | Alarm | Acil | Olağanüstü |
|----------|--------|--------|------------|
| 2 Baralı | % 94,3 | % 4,78 | % 0,92 |
| 3 Baralı | % 95,1 | % 4,35 | % 0,55 |

4. Sonuçlar

Bu çalışmada iki ve üç baralı sistem için kullanılan arıza analiz ve tespit yöntemi, IEEE-118 baralı karmaşık güç sistemleri içinde uygulanabilir. Söz konusu karmaşık güç sistemlerinde bulanık petri ağı yapısı kullanılarak sistemdeki arıza olma ihtimali yüksek olan yerlerin doğruluk derecesi değerleri elde edilebilmektedir. Gerçekleştirilen çalışma ile akıllı şebeke alt yapısına uygun bir ring şebeke tasarlanabilmekte ve gerekli benzetimler yapılabilmektedir. Geleneksel şebekelerde bir kısa devre meydana geldiğinde ortaya çıkan sonuç enerji kesintisidir. Sistemde meydana gelecek herhangi bir kısa devre sonrasında tüketiciye başka bir noktadan enerji verilmekte, arızalı bölge izole edilmektedir. Oluşan enerji kesintileri sistemin verimliliğini ve güvenilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Kurulan akıllı şebeke sistemi ile yapılan benzetim ve analizler sonucunda, kısa devre anı ve sonrasında ait senaryolar oluşturularak güç sisteminin çalışma şartları geliştirilmiştir.

5. Kaynaklar

- [1] Ç. Hüseyin., *Enerji İletimi*, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1989.
- [2] C.H. Hauser., D.E. Bakken., A. Bose., "A Failure to Communicate: Next Generation Communication Requirements, Technologies, and Architecture for the Electric Power Grid", *IEEE Power and Energy Magazine, School of Electrical Engineering & Computer Science*, Washington State University DC, USA, 2005.
- [3] S. Massoud Amin., B.F. Wollenberg., "Toward a Smart Grid: Power Delivery for the 21 st Century" *IEEE Power and Energy Magazine*, 2005.
- [4] Smart Grid, Akıllı Şebeke <http://www.guneshaber.net/haber/891-uygulamalar-smart-gridakilli-sebeke.html>.
- [5] The Smart Grid: An Introduction, [www.oe.energy.gov / SmartGridIntroduction.html](http://www.oe.energy.gov/SmartGridIntroduction.html).
- [6] E. Akdeniz., *Yenilenebilir Kaynaklardan Enerji Üretiminin Şebekenin Enerji Kalitesi ve Kararlılığına Etkilerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2006.
- [7] C.A. Petri., *Communication with Automata (in German)*, New York: Griffis Air Force Base Technology Rep RADC-TR-65-377, Suppl 1, 1966.
- [8] T. Murata., "Petri Nets: Properties, Analysis and Applications", *Proceedings of the IEEE*, Vol 77 No 4, 1989, s. 541-580.
- [9] J.S. Lee., M.C. Zhou., P.L. Hsu., "An Application of Petri Nets to Supervisory Control for Human Computer Interactive Systems", *IEEE Transactions Industrial Electronics*, Vol 52 No 5, 2005, s. 1220 - 1226.
- [10] J.L. Peterson., *Petri Net Theory and the Modeling of Systems*, N.J.: Prentice-Hall Inc., Engelwood Cliffs, 1981.
- [11] P.J. Haas., *Stochastic Petri Nets: Modelling, Stability, Simulation*, Springer-Verlag Inc., New York, 2002.

- [12] K.L. Lo., H.S. Ng., J. Trecat., “Power Systems Fault Diagnosis Using Petri Nets”, *IEE Proceedings: Generation, Transmission and Distribution*, Vol 144 No 3, 1997, s. 231 - 236.
- [13] P. Nihat., U Yılmaz., “The Fault Diagnosis for Power System Using Fuzzy Petri Nets”, *Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review)*, R. 88 NR 7a, 2012, s. 99 – 102.
- [14] PIPE4 (Platform Independent Petri Net Editor 4), 2012, <http://pipe4.sourceforge.net/others>.