

GÜÇ SİSTEMİ EMNİYET KONTROLÜ VE ZAMANLANMIŞ PETRİ AĞ MODELİNİN OLUŞTURULMASI

Davut HANBAY¹, İbrahim TÜRKOĞLU¹, Yakup DEMİR²

Özet - Bu çalışmada, güç sistemlerinin emniyet kontrolü için bilgisayar tabanlı bir kontrol modeli oluşturulmuştur. Modellemede, dinamik olması ve grafiksel özelliği dolayısıyla Petri ağları tercih edilmiştir. Gerçekleştirilen model sayesinde sistem kontrolü daha etkili bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Herhangi bir hata durumunda yerlerin sahip olduğu jetonların sayesinde oluşan hatanın tespiti daha kısa zamanda belirlenmektedir. Gerçekleştirilen model, petri ağının özelliğinden dolayı sistem yapısında meydana gelecek değişimlere diğer akıllı sistem yöntemleri ile elde edilen modellere oranla daha kolay uyarlanabilmektedir. Gerçekleştirilen modelin benzetimi Visual object petri ağı benzetim programı ile gerçekleştirilmiş ve modelin sorunsuz bir şekilde çalıştığı görülmüştür. Gerekli donanımlar kullanıldığında gerçek zamanlı uygulamalar için uygun bir model olacaktır.

Anahtar Kelimeler - Güç sistemi emniyet kontrolü, Petri ağı, Modelleme

Abstract - In this study, we have realized a computer based model for power system safety control by using Timed Petri nets. For modeling, Petri nets were preferred because of they are dynamics and graphical modeling tool. Thanks to this realized model, safety control of power systems becomes more efficiently. When a fault occurs, it can be determined at less time due to tokens of the Petri nets places. The suggested model can be adapted to new network topology more easily than the others tools because of the properties of Petri nets. The suggested model was successfully simulated on Visual Object Petri net simulation program. When necessary hardware is used, this realized model can be put in to practice for online applications.

Keywords - Power systems safety control, Petri nets, Systems modeling.

I. GİRİŞ

Güç sistemlerinde; hat, istasyon, transformator, kesici ve benzeri elemanların hızla çoğalması sistemin karmaşasını arttırmakta ve tüm sistemin bir merkezden kontrolü gerekmektedir. Böyle bir merkeze ihtiyaç duyulmasının güvenilirlik ve ekonomik üretim yapma gibi iki önemli nedeni vardır [1].

Kontrol merkezi hem normal çalışmada hem de acil durumlarda sistem elemanlarından gelen durum bilgilerini inceler ve değerlendirir. Bu bilgiler; uç birimlerden elde edilen akım, gerilim ve güç bilgileri olup uç birimleri tarafından algılanır ve sayısal dönüştürülür. Daha sonra modemler aracılığı ile kontrol merkezine iletilir. Kontrol merkezi gelen verileri analiz eder. Normal durumda güç sisteminde meydana gelen hataların belirlenmesi ve operatörün uyarılması kullanılan kontrol yazılımı ile sağlanır [1]. Acil durumlarda kontrol merkezine ulaşan veriler operatör tarafından analiz edilir ve hata belirlenerek giderilmeye çalışılır. Hatanın belirlenmesi tamamen operatörün tecrübesine ve bilgisine bağlıdır. Sistem karmaşıklıkça ve aynı anda birden fazla hata oluştuğunda operatörün işi daha da zorlaşmaktadır. Operatöre yardımcı olmak amacı ile çeşitli emniyet kontrol algoritmaları geliştirilmiştir. Bu çalışmada, [1]'de önerilen emniyet kontrol algoritması petri ağı ile modellenmiştir.

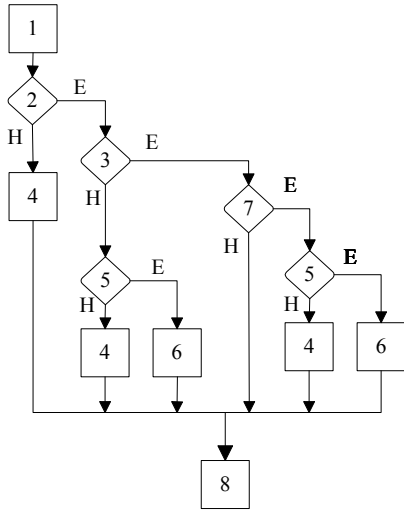
Bilgi akışının açıklanması ve analiz edilmesi için doğal, basit ve güçlü modeller gerekmektedir. Özellikle ayrık zamanlı ve paralel aktiviteler için bu modeller kullanılabilir. Her bilim dalında teorinin yanında kendine ait nesnelerin ifade edilmesi için kullanılan modeller vardır. Model, üzerinde çalışılan nesnelerin matematiksel ifadeleridir. Nesnenin üzerinde çalışma bazen tehlikeli olacağından, o nesne modeli üzerinde çalışmak tercih edilir [2].

¹ Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümü, 23119, Elazığ

² Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 23119, Elazığ

Petri ağları, modelleme amacıyla kullanılan grafiksel ve matematiksel bir araçtır ve birçok alana uygulanmıştır [3-6]. Günümüzde petri ağları uzman sistemler, robot

planlama, bilgi gösterimi alanlarında oldukça fazla kullanılmaktadır [7,8].



1. Emniyet gözetimi veri girişi
2. Sistem yükleri karşılayabiliyor mu?
3. Değişkenler verilen sınırlar içinde mi?
4. Onarımlı sistem.
5. Sistem yük atmadan kontrol altına alınabilir mi?
6. Sınırı aşan değişkenleri yük atmadan düzelt
7. Beklenmedik durumlarda bazı değişkenler sınırı aşabilir mi?
8. Yeni veri girişi

Şekil 1. Güç sistemi emniyet kontrolü algoritması.

Farklı sistem modelleme ve benzetim yapıları kolaylıkla petri ağları ile modellenebilir. Buna örnek olarak, yapay sinir ağları ve bulanık mantık kullanarak modellenen sistemlerin petri ağları ile modellenmesini gösterebiliriz [9,10]. Petri ağları ile sınıflandırma fazla matematiksel işlem gerektirmemektedir ve birkaç geçişin tetiklenmesi sonuçlandırma için yeterli olmaktadır [10].

II. GÜÇ SİSTEMİ EMNİYET KONTROLÜ

Güç sistemi emniyet kavramı, içinde sistem elemanlarının tek tek emniyetini barındırdığı gibi tüm sistemin bir bütünlük içinde çalışması için gerekli olan tedbirleri de barındırmaktadır. Burada aşırı akım ve gerilim röleleri, aletlerin emniyet katsayısı, kesici ve açıcı gibi koruma yolları ile sistem elemanlarının emniyeti sağlanmaya çalışılır. Kontrol merkezine ulaşan her bilgi analiz edilmelidir. Bu analiz sonucunda herhangi bir önemli değişiklik varsa bu durumda düzeltici algoritma devreye sokulmalıdır. Sistem yüklerinin karşılanmasına rağmen hala bazı sistem değişkenleri belirlenen sınırları aşıyorsa onarımlı sistem algoritması devreye sokulmalıdır. Onarımlı kontrol sonucunda sistem değişkenleri belirlenen sınırlar arasında kalır fakat sistemde yük kaybı meydana gelir [1]. Şekil 1'de [1] tarafından önerilen güç sistemi emniyet kontrol algoritması görülmektedir.

III. PETRİ AĞLARI İLE MODELLEME

III.1 Petri Ağları

Petri ağları, Carl Adam Petri tarafından 1962 yılında geliştirilmiştir [8]. Temel olarak çalışması sistem elemanları arasındaki ilişkiye bağlıdır. Elemanlar

arasındaki ilişki eşzamanlı ya da ayrık zamanlı olabilir. Bu ilişkiler ağ ile modellenebilir. Petri ağları sistemlerin bilgi akışını tanımlama ve analizi için kullanılır. Bilgisayar sistemleri, üretim sistemleri ve güç sistemlerinin modellenmesi için mükemmel bir araçtır [11-14].

Petri ağı (N), dairelerle temsil edilen yerlerden (P) ve dikdörtgenlerle temsil edilen geçişlerden (T) oluşan bir yapıdır. Yerler ve geçişler oklarla birbirine bağlanır. Bu bağlar, yerlerden geçişlere ve geçişlerden yerlere olmak üzere iki şekilde oluşur [13]. Basit bir ağ yapısı şekil 2'de verilmiştir. Buradan görüleceği üzere bir petri ağı üç bileşenden oluşan bir kümedir (P, T, F) ve özellikleri;

$$P \cup T \neq ()$$

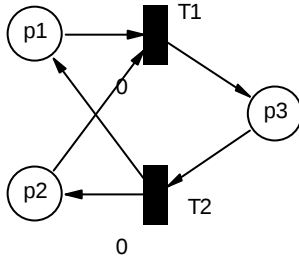
$$P \cap T = ()$$

$$F \subset (P \times T) \cup (T \times P)$$

dir. Burada F' ye akış bağıntısı denir. İlk ve son oluş matrisleri F akış bağıntısının elemanlarıdır. İlk oluş matrisine ileri yönlü oluş fonksiyonu, son oluş matrisine ise geri yönlü oluş fonksiyonu denir. Her bir P ve T elemanı için P yerlerinden T geçişlerine olan oklar ilk oluş matrisi ile temsil edilir. İlk oluş matrisi ilk (P,T) ile gösterilir. T geçişlerinden P yerlerine olan oklar ise son oluş matrisi ile temsil edilir ve son (T,P) ile gösterilir. F bileşeninin elemanlarına N ağının okları denir.

Sistem analizinde kullanılan akış şemaları ile sistemin durağan bir hali ortaya konulurken, Petri ağı ile modellemede petri ağının özelliğinden, sistemin daha dinamik bir yapısı ortaya çıkar. Birkaç faaliyetten oluşan bir sistem, faaliyetlerden önceki durumlar ve

faaliyetlerden sonraki durumlar listelenerek modellenir [8]. Faaliyet sistemin etken halini, önceki ve sonraki durumlar ise sistemin edilgen halini gösterir. Modellemede ilk olarak bütün sistem elemanları etken ya da edilgen elemanlar olarak sınıflandırılır. Edilgen elemanlar, nesne ya da olguları depolayan veya onları ulaştırılabilir kılan elemanlardır. Etken elemanlar ise nesne ve olguları üreten veya değiştiren elemanlardır. Bu iki eleman belirlendikten sonra aralarındaki geçişler belirlenir [2].



Şekil 2. Basit bir petri ağ yapısı.

Şekil 2' de basit bir petri ağ yapısı görülmektedir. Verilen petri ağı N için ilk oluş matrisi Tablo 1'de verilmiştir. Satırlar yerleri, sütunlar ise geçişleri göstermektedir. Her bir kolon o geçişin tetiklenmesi için gerekli giriş şartlarını belirtmektedir. Tablo 2'de ise verilen N ağı için son oluş matrisi görülmektedir. Her bir kolon geçişler tetiklendikten sonra oluşacak yerlerin durumunu göstermektedir.

Tablo 1. İlk oluş matrisi			Tablo 2. Son oluş matrisi		
	T1	T2		T1	T2
P1	1	0	P1	0	1
P2	1	0	P2	0	1
P3	0	1	P3	1	0

Ağın tetiklenmesi ile yerler ve geçişler arasında jeton akışı meydana gelir. Bir geçişin tetiklenebilmesi için bağlı bulunan her yerin yeterli sayıda jeton içermesi gerekir. Geçişlerin tetiklenmesi ikili sistemle ifade edilir, yani geçiş ya tetiklenmiştir ya da tetiklenmemiştir [8].

Bir petri ağının topolojik yapısı matrisle gösterilebilir ve bu matrise "C oluş matrisi" denir. Yer sayısı kadar satırdan ve geçiş sayısı kadar sütundan oluşur.

$$C(P, T) = \begin{cases} -W(p, t) & (p, t) \in F \\ +W(t, p) & (t, p) \in F \\ 0 & \text{diğer} \end{cases}$$

Burada W, N ağında yer alan okların ağırlıklarını

göstermektedir. Ayrıca petri ağında yerin sahip olabileceği maksimum jeton kapasitesi $K(p)$ ile, ilk durumda sahip olduğu jeton sayısı ise $M_0(p)$ ile gösterilir.

III.2 Modelleme

Modelleme; çeşitli gereksinimleri karşılamak üzere geliştirilen bir ürünün yapısal ve işlevsel durumlarını belirlemek amacı ile, geliştirme sürecinin çeşitli aşamalarında kullanılan önemli araçlardan biridir. Bu sayede çeşitli durum seçenekleri ve sistemin dinamik davranışı gözlenebilmektedir. Günümüzde çeşitli tasarımların geliştirilmesinde, bilgisayar otomasyonları, mühendis ve tasarımcıların en büyük yardımcıları haline gelmiştir. Ürünün tasarım ve geliştirme süreci ana hatlarıyla aşağıdaki alt süreçlerden oluşmaktadır;

1. Problemin tanımlanması
2. Geliştirilecek ürün için seçeneklerin oluşturulması
3. Seçeneklerin değerlendirilmesi ve geliştirilecek tasarıma karar verilmesi
4. Ön tasarım
5. Ayrıntılı tasarım ve dokümantasyon

Bu yapıda yer alan 2 ve 3 numaralı alt süreçler, "kavramsal tasarım" olarak adlandırılmaktadır [15]. Kavramsal tasarım belirtilen problemi çözecek bir ürünün, ayrıntılı hesaplamalara girmeden, yapısal ve işlevsel olarak ortaya konmasıdır. Seçeneklerin belirlenmesi, mühendislik yeteneği ile insan zekâsına muhtaç bir aşamadır. Bu nedenle, tasarım sürecinin bu aşamasında fazlaca bir otomasyona rastlanmamaktadır. Değerlendirme ve karar verme aşamasında, ortaya konan seçeneğin dinamik ve yapısal özelliklerini ortaya koyabilecek, genel amaçlı güçlü bir yapıya ihtiyaç vardır. Böyle bir otomasyon için Petri ağı modeli iyi bir alt yapı sağlamaktadır [2]. Bir sistemin Petri ağı modeli oluşturulurken etken ve edilgen elemanların Petri ağı elemanlarından hangisi ile temsil edileceğine karar verilmelidir. Bu yapı, özellikle geliştirilme aşamasındaki sistemlerin eşzamanlı veya ayrık zamanlı olaylarında, sistemin kontrolü ve bilgi akışının analiz ve tanımlanması için basit ve etkili metotlar sağlar.

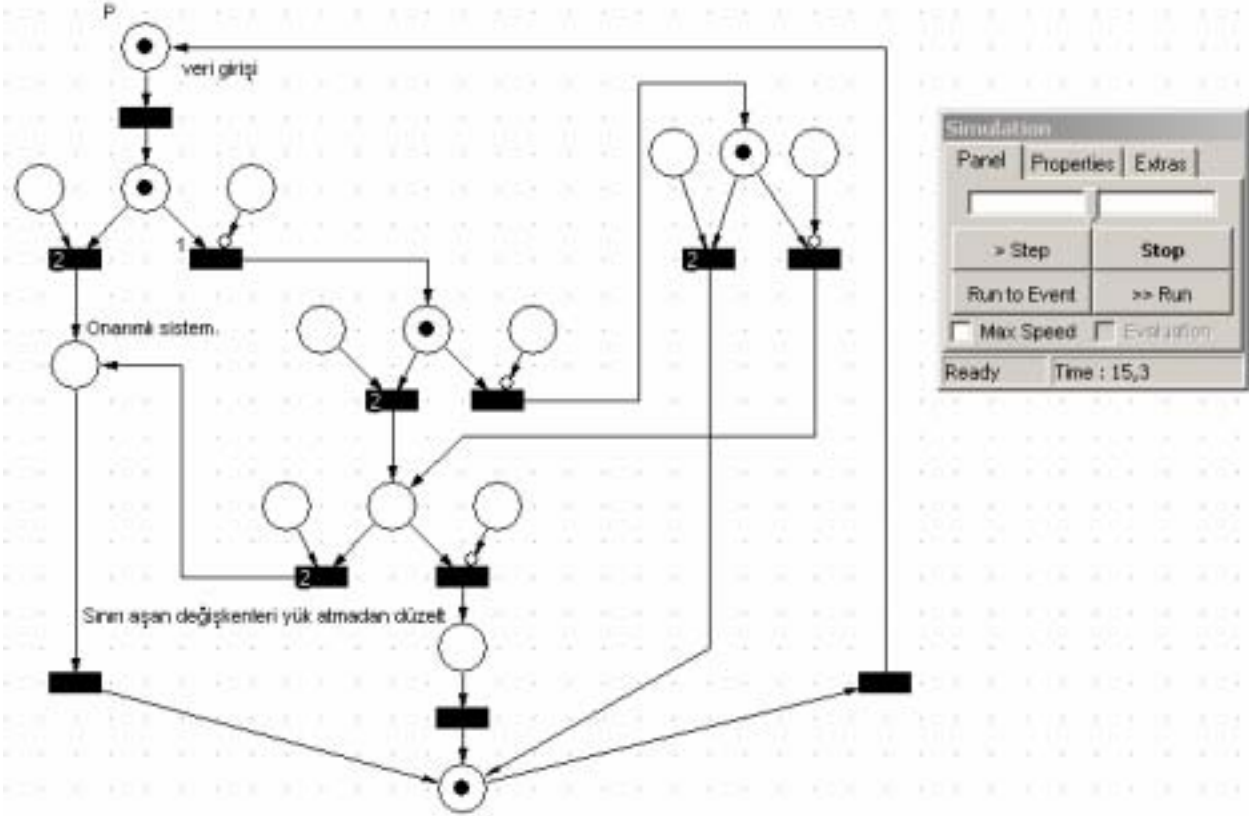
IV. GELİŞTİRİLEN ZAMANLANMIŞ PETRİ AĞ MODELİ ve BENZETİMİ

İlk ortaya çıkmasından itibaren geliştirilmeye uygun yapısından dolayı, kendisine birçok uygulama alanı bulan Petri ağları hızla gelişmiş ve uygulama şekline göre *Renkli Petri Ağları*, *Zamanlanabilir Petri Ağları* gibi çeşitli tipleri ortaya çıkmıştır [8].

Petri Ağı modellerinde zaman; aralarında çeşitli etkileşimin olduğu ayrı aktivitelerin başlama ve bitiş zamanlarını belirtir. Dört ayrı eleman üzerinde zaman belirtilebilir:

- Ayarlanabilir yerler
- Ayarlanabilir Jetonlar
- Ayarlanabilir Geçişler
- Ayarlanabilir Oklar

Bu elemanlardan bir tanesi yada birkaç tanesi ortak kullanılarak sistemin *zamanlı petri ağı modeli* elde edilir. Bir jeton sadece belirli bir süre geçtikten sonra bir geçişi tetiklemek için hazır olur



Şekil 3. Güç sistemi emniyet kontrol algoritmasının petri ağı modeli ve Visual Object programı benzetimi.

Modellemede kullanılan Petri ağı sistemin davranışlarını modelleyerek bilgi akışını ve sistemin durumunu göstermek amacı ile ortaya konulmuş, yer ve geçiş olmak üzere iki çeşit düğümü olan, ağ yapısında grafiksel bir modeldir.

Şekil 1’de verilen algoritmanın Petri ağı benzetimi şekil 3’te görülmektedir. Uç birimlerinden gelen veriler sisteme ve tercihe bağlı olarak akım, gerilim ve diğer sistem parametreleri olabilir. Seçilen parametrenin toplam değerine bağlı olarak kontrol işlemi yapıldığından sistemdeki bara sayısı önemli değildir. Şekil 1 göz önüne alınarak benzetim aşamaları aşağıdaki gibi açıklanır. İlk olarak veri girişi yapılır. İkinci olarak bu gelen bilgilere göre operatörün ikinci yerde sorulan soruya cevap vermesi istenir. Yani sistem yükleri karşılayabiliyor mu? Cevap evet ise, üçüncü yere ait sorunun cevaplandırılması istenir. Değişken değerleri verilen sınırlar içerisinde mi? Cevap evet ise yedinci yerin sorusunun cevabı beklenir. Ani durumlarda bazı

değişkenler sınırı aşabilir mi? Bu soruya da cevap evet ise beşinci yerin sorusunun cevaplandırılması istenir. Sistem kesiciler kullanılmadan kontrol altına alınabilir mi? Cevap evet ise altıncı yerin devreye geçmesi beklenir, kesicileri kullanmadan hatayı düzelt ve yeni data’ları oku şeklinde akış tamamlanır. Evet cevabı için kullanılan yer değil oku ile geçişe bağlandığından cevap otomatik olarak algılanmakta ve benzetim çalışmaktadır. Eğer herhangi bir aşamada alınan cevap hayır ise dördüncü aşamada belirtilen onarımli sistem kontrolüne ait yerde bir jeton olacağından operatör onarımli kontrolü devreye alır, gerekli kesiciler kullanılır ve hatanın düzeltilmesi istenir. Hata düzeltildikten sonra yeni data girişi ile sistemin çalışması tekrar kontrol edilir. Model sistemin normal durumunda otomatik olarak çalışmaktadır. Fakat herhangi bir arıza ile karşılaşılmaması durumunda operatörün vermiş olduğu cevaplara bağlı olarak operatöre karar aşamasında yardımcı olmaktadır. Sistemin herhangi bir andaki durumunun sistemde yer alan jetonlar sayesinde hemen belirlenebilmesi ve acil

durumlarda ise hangi kontrol algoritmasının devrede olması gerektiği jetonlar ile gösterilmesi operatöre oldukça fazla yarar sağlamaktadır.

V. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada güç sistemi emniyet kontrolü petri ağı ile modellenmiştir. Elde edilen modelin operatöre yardımcı olması amaçlanmıştır. Gerçekleştirilen model ile hata durumu daha hızlı ve kesin bir şekilde belirlenebilmektedir. Çünkü petri ağı ile modellenen sistemde çözüm kümesi sınırlı alanlar içinde kalmaktadır. Geniş çözüm uzayında hipotez testi ya da örüntü tanıma gibi yöntemler ile çözüm aramaya gerek kalmaz. Sistemde oluşan belirsizlikler petri ağının ikili sisteme dayalı çalışma özelliğinden dolayı azalmaktadır.

Daha sonraki çalışmalarda uç birimlerden alınan sinyaller petri ağ modeline arabirim aracılığı ile uygulanarak sistem emniyet kontrolü eşzamanlı hale getirilebilir. Ayrıca model daha da geliştirilerek iletim hatları ve enerji dağıtımına da uygulanabilir. Böylece, bu tür modeller sayesinde operatörlerin işleri kolaylaşacak ve ani durumlarda onlara yol gösterici kılavuz olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] U. Arifoğlu, Güç sistemlerinin bilgisayar destekli analizi., Alfa basım, İstanbul, 2002.
- [2] A. Karcı, Petri Ağları, Fırat Üniversitesi. Yüksek Lisans Semineri, 1997.
- [3] C. C. Huang and W. Y. Liang, Object-oriented development of the embedded system based on Petri-nets, Computer Standards & Interfaces, Vol. 26, Issue 3, pp. 187-203, May 2004.
- [4] X. F. Zha, S. Y. E. Lim, S.C. Fok, Integration of knowledge-based systems and neural networks: neuro-expert Petri net models and applications, Proc. IEEE, Int. Conf. On Robotics and Auto., Leuven, Belgium, pp. 1423-1428, May 1998.
- [5] L. A. Cortes, P. Eles and Z. Peng, Modeling and formal verification of embedded systems based on a Petri net representation, Journal of Systems Architecture, Vol. 49, pp. 571-598, December 2003.
- [6] J. H. Moore and L. W. Hahn, Petri net modeling of high-order genetic systems using grammatical evolution, Biosystems, Vol. 72, Issues 1-2, pp. 177-186, November 2003.
- [7] E. L.-Mellado, Analysis of discrete event systems by simulation of timed Petri net models, Mathematics and Computers in Simulation, Vol. 61, Issue 1, pp 53-59, Nov. 2002.
- [8] T. Murata, Petri nets: properties, analysis and applications, Proc. IEEE, Vol. 77, pp. 541-580, 1989.
- [9] W. Pedrycz, Generalized fuzzy Petri nets as pattern classifiers, Pattern Recognition Letters, Vol. 20, Issue 14, pp. 1489-1498, December 1999.
- [10] W. Pedrycz and H. Camargo, Fuzzy timed Petri nets, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 140, Issue 2, pp. 301-330, December 2003.
- [11] M. Ajmone Marsan, R. Gaeta and M. Meo, Accurate approximate analysis of cell-based switch architectures, Performance Evaluation, Vol. 45, Issue 1, pp. 33-56, May 2001.
- [12] C. Lindemann and A. Thümmel, Transient analysis of deterministic and stochastic Petri nets with concurrent deterministic transitions, Performance Evaluation, Vol. 36-37, pp. 35-54, August 1999.
- [13] J.P. Wang and J.Trecat, A parallel fault diagnosis expert systems for one dispatch center, Proc. ISAP'94, pp. 201-208, Sept. 1994.
- [14] K.L. Lo, H.S. Ng, J. Trecat, Power Systems Fault Diagnosis using Petri Nets, IEE Proc.-Gener. Trans. Distr., Vol. 144, pp.231-236, No. 3, May 1997
- [15] Z. Erden, A.M. Erkmen, A. Erden, Kavramsal Tasarım Otomasyonu: Mekatronik Tasarımda Petri Net Uygulaması(I), Endüstri & Otomasyon, 16,17, 1998.