

Elektrik İletim Sistemlerinin Kontrollü Bölgesel İşletimi İçin Sistem Ayırma Stratejilerinin İncelenmesi

The Study Of System Splitting Strategies For Controlled Operation Of The Power Transmission Systems

Okan USLU¹, Mustafa Bağrıyanık²,

¹ TEİAŞ(Türkiye Elektrik İletim A.Ş.)

okan.uslu@teias.gov.tr

² İ.T.Ü.

bagriy@elk.itu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, öncelikle modern bir iletim şebekesinin hangi şartlar altında çalıştığı anlatılmıştır. Sonrasında Türkiye iletim şebekesinin Trakya bölümü ile ilgili bazı gerekli bilgiler verilmiştir. Elektrik İletim Sistemlerinin Kontrollü Bölgesel İşletimi İçin Sistem Ayırma Stratejileri incelenmiştir. Elektrik sisteminin anahtarlamalar ile çalışma bölgelerine ayrılarak çalıştırılması, sistemde meydana gelen bir sorunun sistem geneline yayılarak, büyük çaplı bir kesintiye dönüşmesini engellenmesi ve sistemde kısa devre akımlarının sınırlandırılması gibi yararları vardır. Çalışmada, ayırma işleminde dikkat edilmesi gereken hususlar irdelendikten sonra uygulama olarak Türkiye Elektrik İletim Sisteminin Trakya Bölümü üzerinde çeşitli senaryolar göz önüne alınarak Matlab-PSAT ve PTI-PSS/E yazılımları kullanılarak incelemeler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda uygulaması olası gerekli öneriler dile getirilmiştir.

Abstract

In this study, first of all, the modern transmission grids, which are working under what circumstances, are explained. After that, some required data about Thrace part of the Turkish Transmission System is given. System Splitting Strategies for Controlled Operation of The Power Transmission Systems are examined. Operation of controlled working region application, which is applied via switching has advantage of preventing the bulk system from blackout, which means spreading or expanding of local fault, and reducing the short circuit currents in condition of any system failure. And more, after splitting strategies have been considered, in this study, many scenarios on The Thrace Part of the Turkish Transmission Grid have been applied and examined using computer programs of Matlab-PSAT and PTI-PSS/E. After all, some necessary suggestions are given for application purpose.

1. Giriş

Modern bir enterkonnekte iletim sistemi enerji iletim hatları, baralar, transformatörler, generatörler, kapasitör ve reaktörler gibi binlerce teçhizattan oluşmaktadır. Enterkonnekte sistemlerde olası bir teçhizat arızasında veya bakım onarım nedeniyle herhangi bir teçhizatın devre dışı kalması anında sistem yedeklenmiş olduğu için ilgili bölgeye elektrik enerjisi başka bir bölgeden bağlantı hatları ile aktarılabilir ve olası bir elektrik kesintisinin önüne geçilmiş olur. Güç sistemlerinin planlanması, tasarımı, işletilmesi, performansının geliştirilmesi, sistemin güvenliği, verimi ve ekonomikliği açısından dikkatli ve ayrıntılı çalışmalar gerektirir. Modern enterkonnekte güç sistemleri karmaşık yapıda sistemler olduğundan, güç iletiminin iyileştirilmesi için yük akış analizi, kısa devre analizi, geçici kararlılık analizi, güç faktörü düzeltilmesi analizleri gibi bir çok çalışmalar gerçekleştirilmektedir [1].

Güç iletim sistemleri gelişme ile birlikte ekonomik nedenlerin de etkisi ile giderek artan baskı altında çalışmaktadır. Bu sistemlerin giderek işletme limitlerine daha yakın değerlerde çalıştırılmaları, zayıf bağlar, beklenmeyen olaylar, koruma sistemlerindeki görünmeyen arızalar, insan hataları ve diğer faktörler nedeniyle sistemin kararlılığını kaybederek çökmesine sebep olabilmektedir. Bu nedenle sistemli çalışma ve kapsamlı bir sistem kontrol stratejisi belirleme ihtiyacı önem kazanmıştır. Ada çalışma uygulamaları ve sistemin çeşitli etkenleri dikkate alarak kontrollü şekilde yapılan anahtarlamalar ile bölgesel çalıştırılması uygulamaları, bu stratejiler arasında sayılabilir. Ada çalışmada, sistemin bir bölümü üretim-tüketim dengesi dikkate alınarak enterkonnekte sistemden ayrılarak izole halde çalıştırılır. Elektrik sisteminin adalara ayrılmasında, adalardaki üretim ve tüketim dengesinin sağlanmasının yanı sıra, sistemde yer alan hatların aşırı yüklenmemesi ve gerilim değerlerinin de sınırlar içinde kalması, sistemin kararlılık durumu gibi etkenler de dikkate alınmalıdır. Literatürde, acil durum koşulları (büyük bozucu etkiler altında) olduğunda sistemin adalara ayrılmasına ilişkin çeşitli çalışmalar bulunmaktadır [2-5].

Elektrik enerji iletim sisteminin, çeşitli amaçlar doğrultusunda, uygun hatların açılarak üretim ve yük dengesi altında kontrollü olarak bölümler halinde çalıştırılması, kontrollü bölgesel çalışma olarak adlandırılabilir. Generatörlerin senkron çalışmasının kaybolmasına yol açabilecek (kararlılık problemi oluşabilecek) arızalar meydana geldiği durumlarda, acil durum manevraları ile elektrik enerji sisteminin bir bütün halinde işletilmesi sağlanamayabilir ve sistem yaygın büyük ölçekli bir kesinti yaşayabilir. Sistemin kontrollü bölgesel halde çalıştırılmasının bir yararı olarak, sorunun sistem geneline yayılarak, büyük çaplı bir kesintiye dönüşmesini engellenmesi olarak verilebilir. Bu nedenle elektrik enerji sistemleri ihtiyaç duyulduğunda seçilmiş uygun hatlar açılarak enterkonnekte durumdan kontrollü çalışma durumuna çok kısa sürede geçilmesi ile sistem üzerindeki büyük ölçekli kesinti engellenebilir.

Elektrik sisteminin çalışma bölgelerine kontrollü olarak ayrılmasının bir diğer yararı ise sistemde meydana gelecek arızalarda kısa devre akımlarının sistemde yer alan teçhizatın dayanım sınırlarının altında kalmasının sağlanması olarak verilebilir.

Bu çalışmada, Elektrik İletim Sistemlerinin Kontrollü Bölgesel İşletimi İçin Sistem Ayırma Stratejileri incelenmiştir. Çalışmada sistemin anahtarlamalar ile çalışma bölgelerine ayrılmasında dikkat edilmesi gereken hususlar irdelendikten sonra uygulama olarak Türkiye Elektrik İletim Sisteminin Trakya Bölümü üzerinde incelemeler gerçekleştirilmiştir.

2. Elektrik İletim Sistemlerinin Kontrollü Bölgesel İşletimi

Günümüzde enterkonnekte yapının büyümesi ve her geçen gün yeni üretim ve tüketim merkezlerinin devreye girmesi sistemleri oldukça karmaşıktır. Sistemi daha uygun koşullar altında çalıştırılması amacıyla sistem işletmecileri çeşitli önlemler almaktadırlar. Elektrik enerji iletim sisteminde, çeşitli amaçlar doğrultusunda uygun anahtarlamalar ile işletimi de bu önlemler arasında verilebilir.

Elektrik Sisteminde acil durum koşulları (büyük bozucu etkiler altında) olduğunda, sistemde tam bir otomasyon varsa sistemin bir bölümünün sistemden hızla izole edilerek adalara ayrılması uygulaması gerçekleştirilebilir. Yapılan çalışmalarda bu uygulamayı sağlayacak bir çok yöntem tavsiye edilmiştir. Bu yöntemlerin bazıları sadece statik yük akışlarını dikkate alırken bazıları da daha fazla hesap gerektiren dinamik yöntemleri de hesaba katmıştır. Gözlemler göstermiştir ki büyük arızalar sonrası generatör grupları birlikte salınırlar, dikkat edilmesi gereken nokta ise bölgeler arası generatör gruplarının kararlılığıdır [6]. Arızaya maruz kalan jeneratör gruplarına bağlı olarak meydana gelen yavaş uyumluluk olayı generatör hareketlerinin izlenmesine imkan sağladığı için bir çok yöntem geliştirilmesine imkan sağlamıştır. Sorun arıza sonrası birbirlerine uyum sağlayan generatör gruplarının bir arada kalacak şekilde hatların açılmasına dönüşmektedir. Bir çok analiz ve benzetimler sonucu görülmüştür ki, uyumlu çalışan generatör gruplarının ayrılması sistem yüklerinin değişmesine bağlı olarak değişmektedir [6].

Sistemin ayrılarak fizibil bölgelerin belirlenmesine ilişkin yöntemler, sistemin daha etkili çalışma bölgelerine bölünmesinde üretim-tüketim dengesi, iletim hattı kapasitesi gibi sürekli-hal kısıtlamaları ile beraber black-out önleyici

kararlı çalışma durumunun belirlenmesini de içerebilmektedir. Sistemin hangi noktalarında hangi anahtarlamaların yapılması gerektiği ise, çeşitli matematiksel yöntemlerin (graf teori, Karar verme diyagramları v.b.) uygulamaları gerçekleştirilmektedir [7].

Büyük sistemlerde kısa devre seviyelerinin kontrolünde çalışma bölgelerinin önemi ortaya çıkmaktadır. Kısa devre akımlarının sınırlandırılması için mevcut alternatif yollar olarak,

- Sistemin kontrollü çalışma bölgelere ayrılması: yani arıza anında görülen pozitif negatif ve sıfır empedanslarının azaltılması,
- mevcut baraların bölünmesi,
- istasyonların güvenli ve esnek işletilmesini sağlayacak şekilde teçhizatların yenilenmesi,
- Akım sınırlayıcı cihazlar kullanılması (akım sınırlayıcı iletkenler, tristör kontrollü seri indüktörler, seri kapasitör ve indüktörlü arıza akımı sınırlayıcılar, güç elektroniği devrelerinden oluşan akım sınırlayıcılar vb)
- Bölgeler arası yüksek gerilim doğru akım bağlantısı, verilebilir [7]

Elektrik iletim sisteminin uygun anahtarlamalar ile çeşitli işletim bölgelerine ayrılarak çalıştırılmasının bir örneği Ülkemiz elektrik iletim sisteminin Trakya bölümünde uygulanmaktadır. Bu çalışmada Trakya İletim sisteminde bu uygulama dikkate alınarak çeşitli senaryolar açısından sistemin kontrollü şekilde bölgelere ayrılarak işletim durumu incelenmiştir.

2.1. Trakya İletim Sistemi

Türkiye iletim şebekesinin Trakya bölümü 380 ve 154 kV gerilim seviyesinde 103 adet bara ve 62 adet trafo merkezi ve bu merkezler arası enerji nakil hatları, yeraltı kabloları ve bu merkezlerdeki baralara bağlı 31,5-36 kV gerilim seviyesi arasında değişen generatör, indirici yükseltici trafo, şönt kapasitör gibi teçhizatlardan oluşmaktadır.

Şekil2' de Trakya Bölgesi İletim Sistemi şeması gösterilmiştir. Bu şekilde verilen ve kontrollü çalışma bölgeleri şeklinde çalıştırılan iletim sisteminin toplam yükü 2007 yazında 5364 MW'tır. Sistemin üretim veya ototrafolar sayesinde kaynak kapasitesi ise 5100 MW'tır.

Trakya bölgesi ise yaklaşık 1200 km uzunluğunda 400 kV'luk ve 1600 km uzunluğunda 154 kV'luk enerji hatlarından oluşmakta olup yaklaşık 100 adet baradan oluşmaktadır. Ve bu bölgenin günlük enerji tüketimi yaklaşık 100 milyon kWh olup bu rakam tüm Türkiye'nin altıda biri olup bölgenin kurulu gücü 5000 MW'ın üzerindedir bu değer ise Türkiye kurulu gücünün 8 de biridir. Bu rakamlar bölgenin önemini yeterince ortaya koymakta olup gelecekte UCTE(Avrupa Enerji İletim Koordinasyon Birliği) şebekesine bağlanıldığında ise Türkiye şebekesi ile Avrupa şebekesinin arayüzünü yine bu bölge oluşturacaktır. Halihazırda uygulanmakta olan bölgelere ayrılarak işletim, sistem çökmelerinin(black out) önüne geçilmesindeki etkisinin yanı sıra özellikle baralardaki kısa devre güçlerinin belli limitler içerisinde kalmasını da sağlamaktadır.

3. İncelemeler

Sistemde anahtarlamalar ile sistemin çalışma bölgelerine ayrılarak işletiminde etkilenmeleri görmek amacıyla oluşturulan çeşitli senaryolar için incelemeler gerçekleştirilmiştir. Senaryolar sistemin 400/154 kV ototransformatörler ve üretim merkezleri dikkate alınarak hat ve bara kuplaj bağlantılarındaki anahtarlamalar ile oluşturulan bölgelere ayrılmış sistem işletim durumu ile ayrılmamış sistem durumunun karşılaştırılmasını da içermektedir. Senaryolarda sistemin Yunanistan bağlantısının olması olmaması durumu da göz önüne alınmıştır. Şekil2'deki şemaya göre gerçekleştirilen hiçbir bölüme ayrılmadan işletilen sisteme ilave olarak 4 adet anahtarlama senaryolarına göre açık ve kapalı hatlar ve kuplaj kesici konumları ile yük durumları aşağıdaki gibi olup, daha ayrıntılı sistem bağlantı durumu referans [6] da verilmiştir.

Birinci senaryoya göre;

- * AmbarlıB1 ve AmbarlıB2 baraları arasındaki kuplaj açık
- * İkitelli T.M. 154 kV kuplaj açık
- * 154 kV AmbarlıB1-Hadımköy E.N.H. devre harici
- * 154 kV Davutpaşa T.M. deki kuplaj açık ve Davutpaşa T.M. trafolarının yükü ile Topkapı 1-2 E.N.H'ları Bara1 de diğer fiderler Bara2 ye bağlı
- * Topkapı T.M. de kuplaj açık ve TR1 ve Aksaray1 fideri ve Davutpaşa kablo fideri Bara1 de diğer fiderler Bara2'de
- * 154 kV Topkapı-Aksaray2 E.N.K. devre harici
- * 154 kV Topkapı-Sağmalcılar kablosu devre harici
- * 154 kV İkitelli-B.Çekmece1-2 E.N.H. ları devre harici
- * Beylikdüzü T.M. de kuplaj açık ve TRC ve TRD ile Ambarlı D.G. 1, 2 fiderleri Bara2 de diğer fiderler Bara1'de
- * Bahçelievler'de Yenibosna fideri ve TR3 Bara2'de diğer fiderler Bara1 de ve kuplaj açık
- * Veliefendi T.M. de Davutpaşa fideri ve TR1,2 ve 3 Bara1'de ve kuplaj açık diğer fiderler Bara2'de
- * Atışalanı T.M. de İkitelli1,2 fiderleri ve Bağcılar fideri Bara1'de diğer fiderler Bara2'de,kuplaj açık
- * Alibeyköy T.M. de İkitelli1,2 fiderleri, ototrafo3 ve TrB Bara1'de, kuplaj açık
- * 154 kV Alibeyköy-Küçükköy E.N.H. devre harici
- * 154 kV İkitelli-Yıldıztepe E.N.H. devre harici

İkinci senaryoya göre;

- * AmbarlıB1-AmbarlıB2 arasındaki kuplaj açık
- * 154 kV AmbarlıB1-Hadımköy E.N.H. devre harici
- * 154 kV Davutpaşa T.M. deki kuplaj kapalı
- * Topkapı T.M. de kuplaj kapalı
- * 154 kV Topkapı-Aksaray2 E.N.K. devre harici
- * 154 kV Topkapı-Sağmalcılar kablosu devre harici
- * 154 kV İkitelli-B.Çekmece1-2 E.N.H. ları devre harici
- * Beylikdüzü T.M. de kuplaj açık ve TRC ve TRD ile Ambarlı D.G. 1, 2 fiderleri Bara2 de diğer fiderler Bara1'de
- * Bahçelievler'de Yenibosna fideri ve TR3 Bara2'de diğer fiderler Bara1 de ve kuplaj açık
- * Atışalanı T.M. de İkitelli1,2 fiderleri ve Bağcılar fideri Bara1'de diğer fiderler Bara2'de,kuplaj açık
- * Alibeyköy T.M. de İkitelli1,2 fiderleri, ototrafo3 ve TrB Bara1'de, kuplaj açık
- * 154 kV Alibeyköy-Küçükköy E.N.H. devre harici

- * 154 kV Hadımköy-Çorlu E.N.H. devre harici
- * 154 kV Tekirdağ-Tegesan E.N.H. devre harici
- * 154 kV Atışalanı-Yıldıztepe E.N.H. devre harici
- * 154 kV Babaeski-Hamitabad E.N.H. devre harici

Üçüncü senaryoya göre;

Bu senaryoda Trakya iletim sisteminin gelecekte gerçekleştirilecek 145 km lik 2Rx954 MCM kesitli 380 kV Hamitabad-Maritsa(Bulgaristan) E.N.H. ve 261 km lik 3Cx954 MCM kesitli 380 kV lik Babaeski-Kehros(Yunanistan) E.N.H. ları üzerinden iki adet sınırötesi bağlantı hatlarıyla Avrupa birleşik iletim şebekesi olan UCTE'ye bağlantısı incelenmiştir. Bu bağlantı anında Bulgaristandaki Maritsa barasının toplamda 200 MW/100 MVAr güç talebi ve Yunanistandaki Kehros barasının da 150MW/50 MVAr güç talebi olduğu varsayılmış ve Türkiye sistemi ise Senaryo1 deki şekliyle aynı kalmıştır. Fakat kısa devre hesaplamaları açısından tüm Avrupa sisteminin bilgileri mevcut olmadığından dolayı iki bara Avrupa şebekesinden izole olarak düşünülmüştür. Bunun sonucu olarak mevcut iletim sistemi datalarına Bulgaristan(Maritsa) ve Yunanistan(Kehros) isimli baralar eklenerek programlar çalıştırılmıştır.

Dördüncü senaryoya göre;

Bu senaryoda bir önceki senaryoya yakın bir senaryo düşünülerek uygulamaya konulmuş ve olumlu sonuç alınmıştır. Buna göre mevcut iletim sistemine ait 3. senaryodaki ada sistemine hiç dokunulmamış fakat boğaz atlama hatlarından sadece Habibler-Ada D.G. hattı servis harici edilerek buradan gelecek bir katkı ortadan kaldırılmış bunun yerine Yunanistan ve Bulgaristan baraları gevşek bara olarak seçilmiş ve diğer iki boğaz atlama hatlarından önceki senaryolarda olduğu gibi sabit güç katkısı olduğu kabul edilmiştir.

İncelemeler TEİAŞ tarafından sağlanan sistem verileri kullanılarak PTI-PSS/E yazılımı ve Matlab - PSAT yazılımından yararlanarak gerçekleştirilmiştir [8-10].

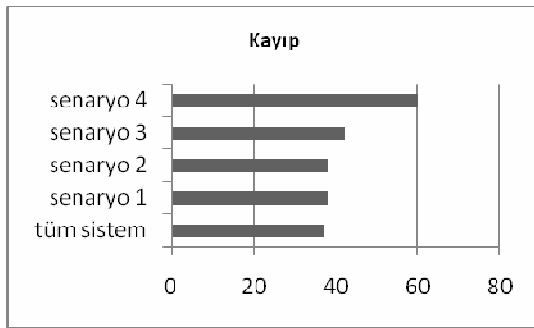
İnceleme sonuçlarına göre, sistem aşırı akım ayarları ve limit değerleri göz önüne alındığında sistemin bir bütün halinde adalara ayrılmadan çalıştırıldığı durumda, aşırı yüklenen bir hattın ve gerilim seviyesi sınırlarının dışına çıkan bir baranın olmadığı görülmektedir. Sistem bir bütün olarak ada bölgesine ayrılmadan çalıştırıldığında kayıplar, hat yüklenmeleri ve gerilim değerlerinin diğer ada çalışma senaryolarına göre daha iyi olduğu görülmektedir (Şekil 1). Ancak kısa devre akımları bazı baralarda teçhizatlar açısından sınırın ötesinde değerlere yükselmektedir. Bu nedenle sistemin özellikle kısa devre akımları açısından bölgelere ayrılarak işletimi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır(Tablo 1). Ayrıca sistemde meydana gelecek büyük bozucu etkiler sonrası (bir veya daha fazla hat yada üretim merkezinin devreden çıkması gibi) sistemde yaygın bir kesinti yaşanması yerine etkinin daha bölgesel kalması da sağlanabilecektir.

Tablo 1: Senaryolar için Bara Kısa Devre akımları açısından Karşılaştırma

		azalış yüzdesi		azalış yüzdesi	
Bütün bölge		senaryo 1		senaryo 2=3=4	
		tek faz	üç faz	tek faz	üç faz
üç faz	tek faz	değişim	değişim	değişim	değişim
100%	100%	22%	21%	24%	23%

Yunanistan bağlantısının dikkate alındığı senaryo durumunda, Yunanistan barasının geriliminin ve bu bara gücünün, sistemin bu bağlantıya yakın noktalarında etkisinin olduğu gözlenmiştir

Diğer senaryolardan farklı olarak Boğaz hatlarından birinin devre dışı olduğu senaryo 4’ de kayıp ve gerilim dağılımının daha kötü olduğu sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil: Senaryolar için Kayıp durumu

4. Sonuçlar

Bu çalışmada enterkonnekte iletim sistemlerinin bölgelere ayrılarak işletmesi konusu ve ayırma işlemindeki stratejiler konusu incelenmiştir. Enterkonnekte iletim sistemlerinde yeni üretim merkezlerinin devreye girmesi ve yeni bağlantı noktalarının tesis edilmesi ile sistem daha karmaşıklaşmakta ve özellikle kısa devre akımları yükselebilmektedir. Bu nedenle sistemin uygun şekilde anahtarlamalar ile çalışma bölgeleri halinde işletilmesi gerekmektedir. Anahtarlamalarda kısa devre akımlarının seviyerleri dikkate alınmasının yanı sıra sistem kayıpları, gerilim profili, sistem kararlılığının da dikkate alınması gerekmektedir. Bölgelere ayrılarak işletimde, sistem çökmelerinin(black out) önüne geçilmesindeki etkisine karşın, sistemde ayırma işleminin aşırı olması durumunda sistemin birçok kısımda radyal yapıya dönüşmüş halde işletilmesi durumunu ortaya çıkarabileceğinden bu durum da ayırma işleminde dikkate alınmalıdır.

Çalışmada incelemeler yük akısı sonuçlarına dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Uygun çalışma bölgelerinin araştırılmasında, incelemelerin kararlılık açısından genişletilmesi ve uygun bağlantı durumunun belirlenmesinin akıllı yöntemlere dayalı olarak gerçekleştirilmesi ileriye dönük araştırma konuları olarak verilebilir.

5. Kaynaklar

- [1] Natarajan, Ramasamy, Computer-Aided Powersystem Analysis 2002,
- [2] Kai Sun, Da-Zhong Zheng, ve Qiang Lu, "A Simulation Study of OBDD-Based Proper Splitting Strategies for Power Systems Under Consideration of Transient Stability", IEEE Transactions On Power Systems, vol. 20, no. 1, february 2005 pp.389-399
- [3] Li Yinghui, Zhang Bao-hui, Xu Haojun, Xie Huan, Yu Guang-liang, "Electric Power System Splitting Strategies Based on Unstable Mode Prediction", 2005 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference & Exhibition: Asia and Pacific Dalian, China.
- [4] Yuanqi Liu, ve Yutian Liu, "Aspects on Power System Islanding for Preventing Widespread Blackout", Proceedings of the IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, 2006. ICNSC '06. 2006
- [5] Ming Jin, Tarlochan S. Sidhu ve Kai Sun, "A New System Splitting Scheme Based on the Unified Stability Control Framework", IEEE Transactions On Power Systems, VOL. 22, no. 1, February 2007, pp.433-441.
- [6] Uslu,Okan, "Türkiyenin Elektrik İletim Şebekesinin Trakya Bölümünün Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılmasının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008
- [7] Hector G. Sarmiento, Rafael Castellanos, Gabriela Pampin, Carlos Tovar, Juan Naude, An Example in Controlling Short Circuit Levels in a Large Metropolitan Area, IEEE sunumu,s. 589-594,2003
- [8] TEİAŞ Türkiye Ulusal Elektrik Ağındaki Hava Hatların Trafoların ve Generatörlerin Elektriki Karakteristikleri.
- [9] The Power System Analysis Toolbox (PSAT), Federico Milano <http://www.power.uwaterloo.ca/~fmilano/>
- [10] Power System Simulator (PTI-PSS/E), V30.3 Siemens

