

Elektrik İletim Sistemlerinin Kontrollü Bölgesel İşletiminin Sistem Üzerindeki Etkileri

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 büyük elektrik iletim şebekelerinin kontrol bölgelerine ayrılarak işletiminin nedenleri, yöntemleri ve etkileri üzerinde durulmuştur. Ülkemiz elektrik iletim sisteminin özellikle Trakya kısmında da uygulaması yapılan bu işletim yöntemi, sistem üzerinde oluşturulan çeşitli senaryolar için incelenmiştir. Göz önüne alınan senaryolar için elde edilen benzetim sonuçları; sistem iletim kayıpları, bara kısa devre güçleri, hatların yüklenme durumları açısından birbirleri ile karşılaştırılarak, öneriler oluşturulmuştur.

1. Giriş

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 sistemlerinin seçilmiş uygun hatlar açılarak tam enterkonnekte yerine kontrollü çalışma bölgeleri halinde işletilmesi ile sistem üzerinde meydana gelebilecek büyük ölçekli kesinti durumlarında, sistemin tamamının bu büyük bozuculuktan etkilenmesinin önüne geçilebilir.

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

2. Sistemin Kontrollü Bölgesel İşletimi

Günümüzde enterkonnekte yapının büyümesi ve her geçen gün yeni üretim ve tüketim merkezlerinin devreye girmesi sistemleri oldukça karmaşıklaştırmaktadır. Bu nedenle sistem

işleticileri, sistemin daha uygun koşullar altında çalıştırılması amacıyla önlemler almaktadırlar. Elektrik enerji iletim sisteminde, çeşitli amaçlar doğrultusunda uygun anahtarlamalar ile sistemin bölgeler yada adalar halinde 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 önlemlerden biridir. Sistemin sürekli hal koşulları altında da kısa devre akımlarının sınırlamak ve meydana gelebilecek büyük bir bozuculuğun etkisini çalışma bölgesi ile sınırlamak amacıyla uygun hatların açılarak bölgesel işletimi de bir önlem olarak verilebilir. Literatürde ada çalışma konusunda çeşitli yöntemler irdelenmiştir.

Kısa devre akımlarının sınırlanması amacıyla bir inceleme kaynak [1]'de yer almaktadır. Bu çalışmada 500 kV' luk ana şebeke 275 kV' luk havai hatlar ve yer altı kabloları ile bağlıdır ve her biri kendi içerisinde ayrı bir bölge olan iletim sisteminde, alt iletim sistemlerinin kısa devre akım sınırlamalarından dolayı bir diğerine bağlanmadığı belirtilmiştir. Çalışmada değinilen sistemde, 500 kV' luk ana şebeke ile bağlantı hatlarının devre dışı kalması sonucunda alt sistemlerde meydana gelecek aşırı yük etkisi nedeniyle generatörlerin devre dışı kalmasının önüne geçmek amacıyla uygulama olarak ada koruma sistemi örnekle açıklanmıştır.

Bir iletim sisteminin 2 veya daha fazla ada sistemine ayrılması öncesi alınması gereken önlemleri içeren "erken uyarı mekanizması" algoritması ise [2]'de açıklanmıştır. Söz konusu algoritma graf teorisine dayanır ve bir veya daha fazla enerji nakil hattı açmalarının ada çalışma bölgeleri ile sonuçlanıp sonuçlanmayacağını belirtir. İletim sistemlerinin bir arıza veya kaza sonrasında ada çalışma bölgelerine ayrılması durumunda yük tevzi çalışmalarına kolaylık sağlamak için Akıllı Alarm İşlemi (Intelligent Alarm Processing, IAP) alanında da araştırmalar yapılmıştır.

Kaynak [3]'te gelişmekte olan ülkelerdeki üretim ve tüketim arasındaki talep farklarının, yetersiz kapasitede iletim hatlarının, ve düzgün dağılmamış üretim ve tüketim merkezlerinin bir iletim sistemi için yarattığı problemler üzerinde durulmuştur. Sistemi çöküntüye götürecek bir arızada,

önceden belirlenmiş hatlar üzerindeki yük akışlarının gerçek zamanlı izlenerek sistemin ada çalışma bölgelerine ayrılması incelenmiştir. İzleme sırasında MW akışı ölçülerek, akış değeri belli bir eşik değeri (%15) aşıldığında, ilgili hat için açma sinyali gönderilecektir. Ayrıca söz konusu çalışmada büyük bir sistem çökmesinin önlenmesi için gereken önlemlerin, üretim atma, yük atma ve ada çalışma olduğu da belirtilmiştir. Çok güçlü olmayan bir iletim sisteminde ada çalışmaya ilişkin aşağıdaki öneriler verilmiştir;

- Önceden tanımlanmış bara ve hatların bir arıza sonrası ada bölgesi olarak çalışıp çalışmayacağını araştırılması,
- Black-out önleyici bir veya birden fazla ada bölgesi için kararların oluşturulması,
- Arızanın karakteristiği ve koruma durumuna bağlı olarak yük/üretim atma uygulaması,

Bir arıza sonucu ada bölgesine ayrılma şansının röle ve kesicilerin doğru bir şekilde çalışması kadar ada bölgesi içerisinde kalacak olan santrallerin hız ve otomatik gerilim regülatörlerine de bağlı olduğu belirtilmektedir [4]. Söz konusu çalışmada ada bölgesine ayrılmış ve hidrolik santral gruplarından beslenen bir bölge ele alınmıştır.

Büyük metropollerde kısa devre güçlerinin sınırlandırılmasının şimdiki mevcut ve gelecekteki çözüm yolları [5]'de özetlenmiştir. Buna göre kazalar, hatalar, arızalar, yıldırımlar ve eskimiş izolasyondan dolayı oluşacak kısa devre akımlarının kareleri ile orantılı bir şekilde oluşacak termik ve mekanik risklerinden korunmak ve etkilerini araştırmak için iletim firmaları önemli bütçe kaynakları ayırmaktadırlar. Kısa devre güçlerinin yükselmesi, enerji talebinin artması, iletim sistemlerinin birleşmesi ve üretim birimlerinin yüklerle yaklaşması ile daha da riskli duruma gelmektedir. Bu kapsamda riski azaltacak en doğal fakat her zaman ekonomik olmayan çözüm, koruma teçhizatlarını kısa devre güçlerine dayanacak şekilde yenilemektir. Bazen de, k.d. güçlerinin ticari olarak üretilen teçhizatların kapasitesinin üzerinde çıkması nedeniyle bu çözüm imkansız olmaktadır. Ayrıca mevcut bir T.M. 'nin teçhizatlarının değişimi çok karmaşık bir işlem de olacaktır. Bu durumda sürekli denge durumunda yük akışını etkilemeyen fakat arıza anında, kısa devre akımlarını sınırlayan ve çoğunluğu hareketli mekanizmadan ve rezonans devrelerinden oluşan arıza akımı sınırlayıcılar önem kazanmaktadır.

Hata akımını sınırlamak için uygulaması yapılan yöntemler aşağıdaki gibi verilebilir;

- Baraların bölünmesi yani sistemin bölgelere ayrılması, arıza anındaki pozitif, negatif ve sıfır sıralı empedanslarının artırılması,
- Seri bobin veya benzeri teçhizatlardan oluşan akım sınırlayıcıların uygulanması (akım sınırlayıcı bobin, tristör kontrollü seri bobin, güç elektroniği temelli cihazlar v.b.),
- Koruma teçhizatlarının yeni k.d. akımlarını karşılayacak şekilde değiştirilmesi (pahalı fakat etkili bir yöntemdir),

Bu önlemler ayrıntılı çalışmalar sonucu uygulamaya konmalıdır, uygun yapılmayan önlemler sonucu aşağıda belirtilen olumsuzluklar doğabilir;

- Aktif ve reaktif kayıplar artar,

- Hatlar üzerinde tıkanıklık oluşabilir, yük akışı sınırlanır,
- İşletme güvenilirliği ve esnekliği azalır.
- Gerilim kararlılığı zayıflar, gerilim kararlılığını iyileştirici önlemler ise k.d. akımlarını arttırabilir.

Kai Sun, Da-Zhong Zheng, ve Qiang Lu çalışmalarında, sistem ayrılmasının kontrollü sistem ayrılması olarak da isimlendirileceği belirtmiştir [6]. Eğer sistemin ada çalışma bölgelerine ayrılması kaçınılmaz ise, uygun ayırma noktalarını bulmanın problemi oluşturduğu ifade edilmiştir. Uygun ayırmanın anlamı, ayırma stratejisinin söz konusu ada bölgesi içerisinde kalan üretim tüketim güç dengesinin, hatların kapasite kısıtlarının ve diğer gereklerin sağlanmasıdır. Önerdikleri yöntemde, önce OBDD (ordered binary decision diagram) tabanlı algoritma ile gerçek zamanlı uygun ayırma stratejileri daraltılmakta, (uygun olmayanların elenmesi) sonra yük akış analizi yardımıyla kalan stratejiler içinden uygun olanı seçilmektedir. Ayrıca yük ve üretim atmanın aynı anda uygulanmasının olası olduğu, fakat bir arızanın sistem çökmesine gitmeden önlenebileceği bildirilmektedir. Oluşturulacak ada sisteminde jeneratör gruplarının, dinamik analizlerinin ve kararlılığın da hesaplanması gerekmektedir.

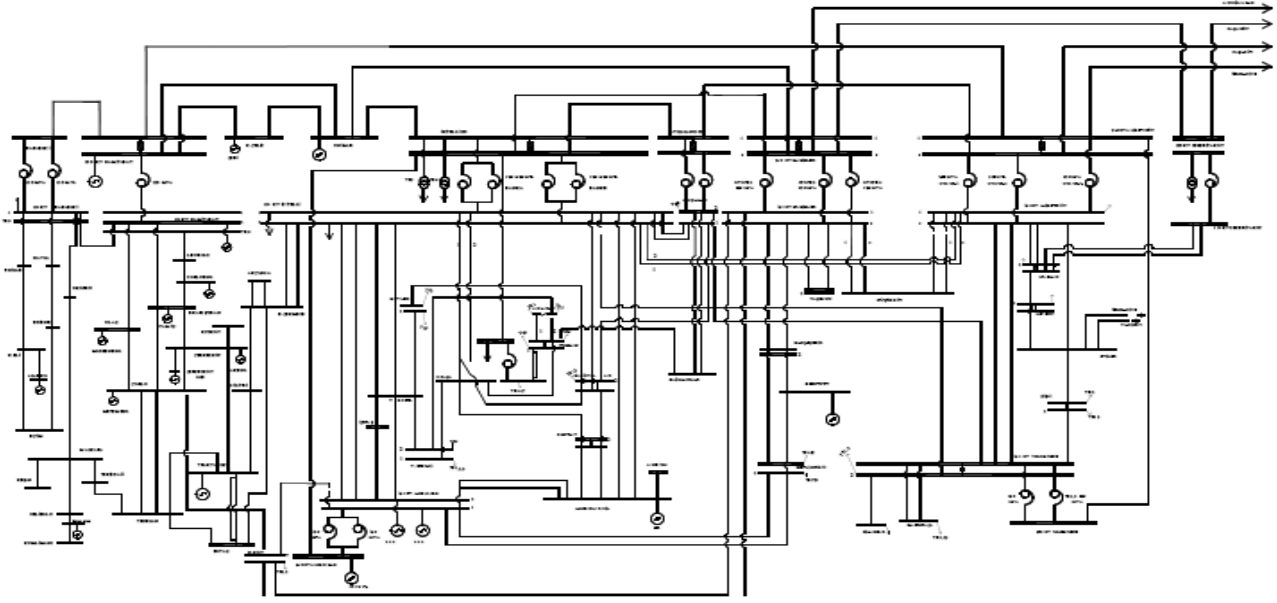
Bu çalışmada, öncelikle büyük elektrik iletim şebekelerinin kontrol bölgelerine ayrılarak işletiminin nedenleri, yöntemleri ve etkileri üzerinde durulmuştur. Çalışmada sistemin anahtarlamalar ile çalışma bölgelerine ayrılmasında dikkat edilmesi gereken hususlar irdelendikten sonra uygulama olarak Türkiye Elektrik İletim Sisteminin Trakya Bölümü üzerinde incelemeler gerçekleştirilmiştir.

3. Trakya İletim Sistemi

Türkiye iletim şebekesinin Trakya bölümü 400 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 jeneratör, indirici yükseltici trafo, şönt kapasitör gibi teçhizatlardan oluşmaktadır.

Şekil 1' de Trakya Bölgesi İletim Sistemi şeması gösterilmiştir. Bu şekilde verilen ve kontrollü çalışma bölgeleri şeklinde çalıştırılan iletim sisteminin toplam yükü yaklaşık olarak 5200 MW'tır. Sistemin üretim veya ototrafolar sayesinde üretim 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 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.



Şekil 1: Trakya Bölgesi İletim Sistemi [TEİAŞ]

3. İncelemeler

Yukarıdaki literatür taramasında da verildiği gibi ada çalışma uygulaması büyük iletim sistemlerinde uygulanmakta ve uygulanması yönünde tavsiyeler yapılmaktadır. Türkiye Elektrik iletim sisteminin Trakya (Avrupa) bölümünde halen uygulanmakta olan sistem ise literatürdeki manasıyla tam bir ada çalışma olmayıp, kontrollü bölgesel çalışma olarak nitelendirilebileceğimiz bir işletme şeklidir. Bu işletme şeklinde de referanslarda da belirtilen ada çalışma için gereken gerilimin belli limitler arasında olması; özellikle bağlantı hatlarının yüklenme durumu; aktif yük dengesi gibi koşullar sağlanmaktadır. Uygulamada kısa devre akımlarının azaltılması ile sonuçlanan bara bölme uygulaması da yapılmaktadır. Özellikle santral ve santrale bağlı ve kısa devre güçleri belirtilen sınırı geçen baralarda, eğer sistem yapısı izin veriyorsa (yani şalt sahası 2 veya daha fazla baralı olarak yapılmışsa) baraların ikiye bölünmesi; (yani kuplaj açık çalışması) gerçekleştirilmektedir.

Ayrıca kontrollü bölgesel çalışma uygulaması, sistemi çöküntüye götürecek olası bir arıza durumunda, arıza etkilerinin bölge içinde sınırlanması gibi bir yarar da sağlamaktadır.

Söz konusu işletme şeklinde, 154 kV iletim seviyesinde oluşturulan bölgeler, frekans bütünlüğü açısından ototrafo aracılığı ile 380 kV ana sisteme bağlantılı olduklarından izole ada çalışma olmamaktadır.

Bu çalışmada söz konusu bölge üzerinde oluşturulan alternatifler, 2008 kış puantı yük durumu dikkate alınarak öncelikle kayıplar açısından incelenmiştir. Hatların kısıtlılığı, limit aşımı ve bara kısa devreleri açısından da alternatif işletim

senaryoları birbirleri ile karşılaştırılmıştır. İncelemeler, PTI-PSS/E yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4. Senaryolar

4.1. Senaryo 1:

Bu senaryoda göz önüne alınan sistemdeki tüm hatlar ve kuplaj kesicilerinin kapalı olduğu varsayılarak analizler yapılmış ve sonucunda kayıplar, kısa devre, limit aşımı ve kısıtlılık açısından sistem değerlendirilmiştir. Buna göre sonuçlar Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1: Senaryo1 sonuçları

Aktif kayıp(MW) (yük akış analizine göre)	38,5
%80 limiti aşan hat veya ototrafo sayısı (kısıtlılık analizine göre)	17
%100 limiti aşan hat veya ototrafo sayısı (kısıtlılık analizine göre)	10
154 kV seviyesinde 31.5 kA lik limiti aşan bara sayısı (3 faz-toprak arıza analizine göre)	24

Özellikle kısa devre akımları açısından bu senaryo uygulanamaz görülmektedir.

4.2. Senaryo 2:

Bu senaryoda sistem her bir ototrafo grubunun besleyeceği şekilde ayrı ayrı 9 bölgeye ayrılmıştır. Sonuçlar Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2: Senaryo2 sonuçları

Aktif kayıp (MW) (yük akış analizine göre)	37,8
%80 limiti aşan hat veya otoprafo sayısı (kısıtlılık analizine göre)	8
%100 limiti aşan hat veya otoprafo sayısı (kısıtlılık analizine göre)	12
154 kV seviyesinde 31.5 kA lik limiti aşan bara sayısı (3 faz-toprak arıza analizine göre)	0

4.3. Senaryo 3;

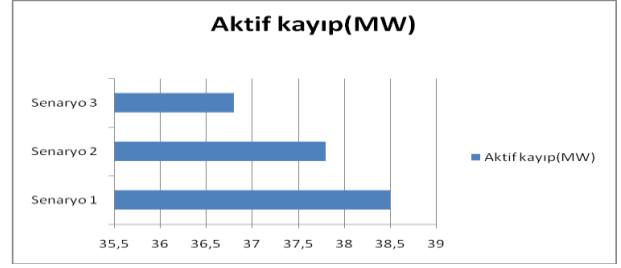
Bu senaryoya göre, Şekil 1'deki şemadan da takip edilebileceği gibi, İkitelli barası ikiye bölünmüş ve bu baraların her biri yine aynı şekilde barası ikiye bölünen Ambarlı D.G.K.Ç.S.'nin baralarına bağlanmış uygun sayıda grup ile birlikte paralel çalışmaktadır. Atışalanı barası da ikiye bölünmüş olup bir barası İkitelli'nin 1. Barası ile paralel çalışmakta 2. Barası ise ayrı bir çalışma bölgesini beslemektedir. Davutpaşa barası da ikiye bölünmüş fakat iki bara da dolaylı yönden İkitelli'nin birinci barası ile paralel çalışmaktadır. Yıldıztepe, Alibeyköy ve Zekeriyaköyde otoprafolarla bağlı 154 kV hatlar ve istasyonlar paralel çalışmaktadırlar. Batıdaki Hamitabad ve Babaeski bölgeleri de birlikte paralel çalışmaktadırlar. Fakat Bu bölgelerin de İkitelli bölgesi ile bağlantıları vardır. Habiblerdeki otoprafolar ise ayrı bir çalışma bölgesini beslemektedirler. Özetle Senaryo3'te 5 adet çalışma bölgesi vardır. Bu senaryonun özeti ise Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Senaryo3 sonuçları

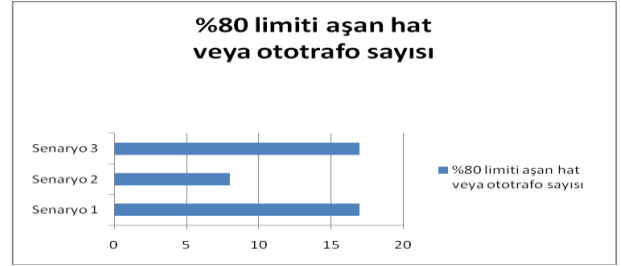
Aktif kayıp (MW) (yük akış analizine göre)	36,8
%80 limiti aşan hat veya otoprafo sayısı (kısıtlılık analizine göre)	17
%100 limiti aşan hat veya otoprafo sayısı (kısıtlılık analizine göre)	7
154 kV seviyesinde 31.5 kA lik limiti aşan bara sayısı (3 faz-toprak arıza analizine göre)	0

4.4.Karşılaştırma ve Değerlendirme;

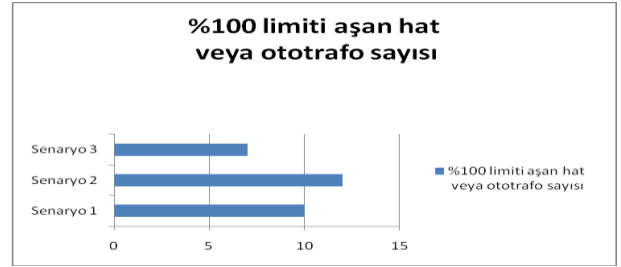
Tüm senaryoların özetle toplu halde görünümü Şekil 2, 3, 4, ve 5'te verilmiştir.



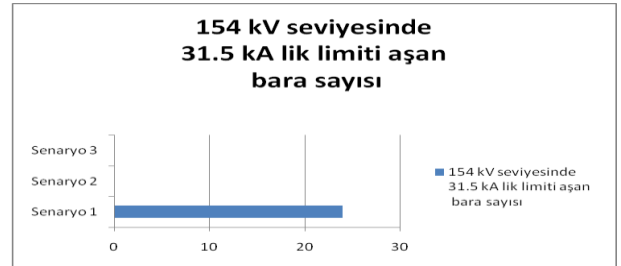
Şekil2



Şekil3



Şekil4



Şekil5

Özet tablo ve grafikler incelendiğinde

Kayıplar açısından göz önüne alınan sistem kapasitesi dikkate alındığında senaryolar arasında farkın küçük kaldığı (1-2 MW) görülmektedir.

Kısıtlılık durumunda yani her hattın teker teker açılıp o durumdaki yük akış analizi yapıldığında hatların yüklenme oranına bakıldığında %80 yüklenmeye göre senaryo2 avantajlı, %100 yüklenmeye göre ise senaryo 1 ve 3 avantajlı görülmektedir. Fakat sistem üzerinde bölge sayısının arttırılması durumunda sistemin radyal yapıya dönüşmesi nedeniyle,

kısıtlılık analizinde het açması durumunda enerjisiz kalan TM merkezi sayısı artmakta, sistem güvenilirliği zayıflamaktadır.

Kısa devre açısından bakılınca ise Senaryo2 ve 3 uygulanabilir gözükmektedir. Bu nedenle Senaryo 2 ve 3 kendi aralarında değerlendirilmesi gerekmektedir. Senaryo 2, bir uç çalışma durumu olarak dikkate alınabileceğinden Senaryo 3 daha uygulanabilir görülmektedir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada enterkonnekte iletim sistemlerinin bölgelere ayrılarak işletmesi 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 seviyeleri dikkate alınmasının yanı sıra sistem kayıpları, gerilim profili, kısıtlılık, ve sistem kararlılığının da dikkate alınmalıdır.

Bu çalışmada incelemeler yük akışı, kısa devre ve kısıtlılık analizlerine dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Sistem güvenilirliği, kararlılık gibi durumlar açısından ayrıntılı değerlendirme yapılması daha iyi değerlendirme sağlayacaktır. Uygun çalışma bölgelerinin araştırılmasında, incelemelerde akıllı yöntemlerin uygulamalarının gerçekleştirilmesi ileriye dönük araştırma konusu olarak verilebilir.

5. Kaynaklar

- [1] Agematsu, S.; Imai S.; Tsukui, R.; Watanabe H.; Nakamura T., Matsushima T., ,2001, Islanding Protection System with Active and Reactive Power Balancing Control For Tokyo Metropolitan Power System and Actual Operational Experiences , Developments in Power System Protection, 2001, Seventh International Conference on (IEE) Volume Issue , 2001 Page(s):351 - 354
- [2] Tsai, Men-Shen, 2000, Development of Islanding Early Warning Mechanism for Power System, Power Engineering Society Summer Meeting, 2000. IEEE Volume 1, Issue , 2000 Page(s):22 - 26 vol. 1
- [3] Ahmed S.S.; Sarker N.C.; Khairuddin A.B.; ve Ghani M.R.B.A.; Ahmad H., A scheme for controlled islanding to prevent subsequent blackout, Power Systems, IEEE Transactions on, Feb 2003 Volume: 18, Issue: 1 On page(s): 136- 143
- [4] Mircea, F.Ion; Mischie,M. Sabin; ve Mircea,I. Paul- Mihai ,2005, Analysis of Islanding Possibilities in Romanian Transmission Power System, Computer as a Tool, 2005. EUROCON 2005.The International Conference on Publication Date: 21-24 Nov. 2005 Volume: 2, On page(s): 1537-1540
- [5] Sarmiento H.G.; Castellanos R.; Pampin G.; Tovar C.; Naude J. ,2003, An Example in Controlling Short Circuit Levels in a Large Metropolitan Area , Power Engineering Society General Meeting, 2003, IEEE Publication Date: 13-17 July 2003 Volume: 2, On page(s): - 594 Vol. 2
- [6] 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", Power Systems, IEEE Transactions on Power System, Feb. 2005 Volume: 20, Issue: 1, 2005 pp.389-399
- [7] Uslu O., Bağrıyanık M., Elektrik İletim Sistemlerinin Kontrollü Bölgesel İşletimi İçin Sistem Ayırma Stratejilerinin İncelenmesi, Kasım 2008, Bursa Eleco 2008, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, sayfa 95-99