

Elektrik İletim Sistemlerinde Kısa Devre Akımlarını Sınırlayıcı Sistem Topoloji Stratejilerinin İncelenmesi

The Study Of System Topology Strategies For Limiting Fault Currents In The Power Systems

Okan Uslu¹, Mustafa Bağrıyanık²

¹TEİAŞ, Doğu Akdeniz Yük Tevzi İşletme Müdürlüğü
okan.uslu@teias.gov.tr

²İTÜ, Elektrik Mühendisliği Bölümü
bagriy@itu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, elektrik güç sisteminde kısa devre akımlarının kesici ömürleri ve kesme kapasiteleri açısından önemi, ve kısa devre akımının sınırlanması amaçlı kullanılan sistem topoloji stratejilerinin etkileri incelenmiştir. Kontrollü çalışma bölgeleri, mevcut bir arıza durumunda olası bir black out'un önüne geçmek ve bara kısa devre güçlerini istenen limitler içerisinde tutmak için uygulanan bir yöntemdir. Ülkemiz elektrik iletim sisteminin Doğu Akdeniz kısmına ilişkin sistem üzerinde oluşturulan çeşitli senaryolar için elde edilen benzetim sonuçları; sistem iletim kayıpları, bara kısa devre güçleri, hatların yüklenme durumları açısından birbirleri ile karşılaştırılarak, öneriler oluşturulmuştur.

Abstract

In this paper, the effects of the system topologies that are used to limit short circuit currents in electric power systems on the aging of circuit breakers in electric power systems were studied for different scenarios. East Mediterranean Part of the Turkish Transmission Grid which is consisting of 380 kV and 154 kV lines is examined. The controlled working region practice which is used for preventing the bulk system from blackout and to reducing the short circuit currents in condition of any system failure. The studies such as short-circuit fault analysis, power flow studies were performed on the example system, and the results were discussed.

1. Giriş

Enerji iletim hatları, baralar, transformatörler, generatörler, kapasitör ve reaktörler gibi binlerce teçhizatın oluşan elektrik iletim sistemleri, üretim ve tüketim merkezlerini birbirine bağlayan enterkonnekte yapıda sistemlerdir. Bu sistemlerde meydana gelen bir arıza veya bakım onarım nedeniyle

herhangi bir donanımın devre dışı kalması durumunda, sistemdeki üretimin sisteme aktarılması ve tüketicilerin etkilenmemesi için bağlantı hatlarının anahtarlanması gibi alternatif müdahaleler devreye sokularak olaydan etkilenen bölgeye elektrik enerjisi başka bir bölgeden aktarılabilir ve tüketicilerin olası bir elektrik kesintisinden etkilenmesinin önüne geçilebilir. Güç sistemlerinin planlanması, tasarımı, işletilmesi, performansının geliştirilmesi, sistemin güvenliği, verimi ve ekonomikliği açısından dikkatli ve ayrıntılı çalışmalar gerektirir. Günümüzde enterkonnekte güç sistemleri karmaşık yapıda sistemler olduğundan, güvenli sistem işletimi için yük akış analizi, kısa devre analizi, geçici kararlılık analizi, güç faktörü düzeltilmesi analizleri gibi bir çok çalışmalar gerçekleştirilmektedir [1].

Tüketimin artışı ile birlikte yeni üretim merkezleri devreye girmekte, güç sistemindeki gelişme ile birlikte ekonomik nedenlerin de etkisi ile elektrik iletim sistemleri giderek artan baskı altında çalışmaktadır. Sistemlerin genişleyerek güçlenmesi, sistem donanımlarının sınır değerlerine yakın işletilmesine yol açabilmektedir. Ağır yüklenme koşulları altında çalışmalar, sistemde yer alan donanımın güçlenen sistem ile beraber daha fazla baskı altında kalması, zayıf bağlar, beklenmeyen olaylar, koruma sistemlerindeki görünmeyen arızalar, insan hataları ve diğer faktörler nedeniyle sistemde kararlılık sorunları yaşanabilmekte, yaygın kesintilere yol açan bölgesel sistem çökmelerine yol açabilmektedir. Bu nedenle sistemli çalışma ve kapsamlı bir sistem kontrol stratejisi belirleme ihtiyacı önem kazanmıştır. Ada çalışma uygulamaları ve sistemin çeşitli etkenleri dikkate alınarak 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 [2-6]

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 yasayabilir. 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 [7].

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 kalmasını sağlanması olarak verilebilir. Ayrıca kısa devre akımlarının azaltılması, sistemde meydana gelen arıza akımlarının sistem donanımı üzerinde yarattığı yaşlandırıcı etkilerinin de azaltılmasına yol açacaktır. Bu nedenle sistem işletiminin iyileştirilmesinde, bara gerilimlerinin sınırlar içinde kalması, hat akımlarının hat iletkenlerinin akım taşıma sınırlarının altında kalması gibi sistem büyüklüklerinin sınırlar içinde tutulması gibi kısıtların ile beraber yaygın olarak göz önüne alınan iletim kayıplarının azaltılması, üretim maliyetinin azaltılması amaçları ile birlikte sistem donanımının ömrünün uzatılması, sistemde meydana gelen arızaların kaskat olaylara yol açmaması gibi amaçlar da probleme dahil edilebilir [8].

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 Doğu Akdeniz Bölümü üzerinde incelemeler gerçekleştirilmiştir.

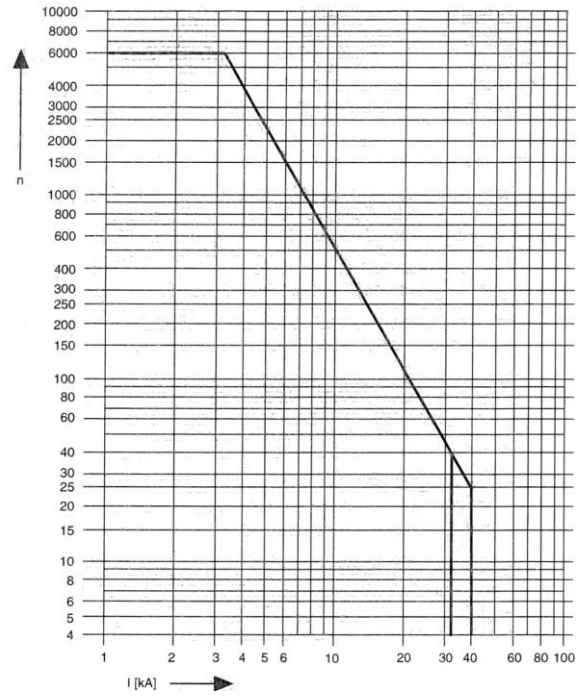
2. Kesme akımının kesici ömrü üzerindeki etkisi

Elektrik iletim sistemlerinde yük altında anahtarlama ve arıza akımlarının kesilmesi kesiciler ile sağlandığından, sistem güvenliği açısından kesicilere büyük görev düşmektedir. Elektrik güç sistemlerinde yeni üretim merkezlerinin sisteme katılması, yeni hatların devreye alınması ve yeni indirici merkezlerin tesisi ile birlikte sistemin enterkonnekte yapısı sürekli genişlemektedir. Sistemde meydana gelen genişlemeler elektrik güç sistemlerinde arıza akımlarının değerini arttırmakta ve zaman zaman bazı sistem topolojilerinde kesicilerin açma kapasitelerinin üzerine çıkarabilmektedir. Arıza akımlarının kesici açma kapasiteleri üzerine çıkması

durumunda arıza durumunda koruma röleleri arızayı algılayarak kesiciye açma komutunu iletse dahi kesici açma görevini yapamadığında sistem güvenliği tehlikeye girmektedir.

Kesicilerin açma akım değerleri ile kesici ömrünü gösteren açma yapabilme sayısı arasında ters bir ilişki vardır. Kesici üreticilerinin katalog değerlerinde bu ilişki görülebilir. Bu ilişki incelendiğinde kesicinin açma kapasitesine yakın değerlerde açma yaptıkça ömrünün hızla azaldığı görülmektedir.

Şekil 1 de örnek bir kesici için açma yapabilme sayısı ile açma akımı arasındaki ilişki verilmiştir. Bu şekilden görüldüğü gibi örneğin kesici 4 kA de 4000 açma sayısı değerini sağlamaktayken, 20 kA de bu değer 100 e inmektedir.



Şekil 1 : Kesicinin maruz kaldığı kd akımı ile açma sayısı arasındaki ilişki

(n; izin verilen kesme sayısı)

3. Kısa Devre Akımını Sınırlayıcı Sistem Topoloji Stratejileri

Kısa devre akımlarının sınırlanması amacıyla yapılmış çalışmalara literatürde rastlanmaktadır. [1]'de yer alan çalışmada göz önüne alınan sistem, 500 kV' luk ana şebeke, 275 kV' luk havai hatlar ve yer altı kabloları içermektedir, ve her biri kendi içerisinde ayrı bir bölge olan iletim sisteminde, alt iletim sistemlerinin kısa devre akım sınırlamalarından dolayı bir diğerine bağlanmadığı belirtilmiştir. 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 örnek üzerinde 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 sonuçlanamayacağını 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 gönderilmektedir. 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 yüklere 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.

Kısa devre akımını sınırlamak için kullanılan yöntemler;

- Baraların bölünmesi yani sistemin bölgelere ayrılarak arıza anındaki empedansın artırılması,
- Arıza Akım Sınırlayıcıların kullanılması (akım sınırlayıcı bobin, tristör kontrollü seri bobin, güç elektroniği temelli cihazlar v.b.),
- Güç sistemi donanımının yüksek kısa devre akımlarına dayanıklı hale getirilmesi (yeni donanım ile değiştirme maliyeti),

Güç sisteminde yatırım aşamasında hangi yöntemin uygulanacağı Fayda/Maliyet analizleri belirlenmelidir. İşletimin eniyilenmesi analizlerinde ise, kullanıla gelen amaç fonksiyonlarının yanı sıra sistem donanımının dayanım kısıtları ve yaşlanma maliyetleride probleme dahil edilmelidir. Uygun yapılmayan önlemler sonucu yaşanabilecek olumsuzluklar;

- Aktif ve reaktif kayıpların yükselmesi,
- Hatlar üzerinde tıkanıklık oluşması,
- İşletme güvenilirliği ve esnekliğin azalması
- Gerilim kararlılığının zayıflaması

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. Oluşturulacak ada sisteminde üretim gruplarının, dinamik analizlerinin ve kararlılığın da analiz edilmesi gerekmektedir.

4. Türkiye Doğu Akdeniz İletim Sistemi

Şekil 2’de şeması verilen Türkiye iletim şebekesinin Doğu Akdeniz bölümü ana hatlarıyla 400 kV seviyesinde 15 adet, 154 kV gerilim seviyesinde 115 adet, 66 kV gerilim seviyesinde 5 adet Trafo Merkezinden oluşmaktadır. Bu merkezleri birbirine bağlayan 400 kV gerilim seviyesinde ~1500 km, 154 kV gerilim seviyesinde ~3700 .km ve 66 kV gerilim seviyesinde 120 km ENH indan oluşmakta olup, söz konusu bölgenin üretim kapasitesi ~7900 MW olup geçtiğimiz yaz ayına ait son bir yılın anlık puantı (04.08.2016/saat:13:00itibari ile) ~4000 MW olarak gerçekleşmiştir. Anlık scada ile kontrol dışında yaklaşık 2200 adet üretim, tüketim, gerilim ve kademe bilgisi manuel olarak takibi edilmektedir.

Şekil 3’de İletim Sistemi şeması verilen Doğu Akdeniz Bölgesinin kontrollü çalışma bölgeleri şeklinde çalıştırılabilir 154 kV bölümünün ~4700 MW lık üretim ve 4000 MVA lık ototrafo kaynak kapasitesi vardır.

Geçmişte kısmen uygulanmış olup şebekenin gelişmesi ile uygulama ihtiyacı kalkmış olan bölgelere ayırarak işletim, sistem çökmelerinin (black out) önüne geçilmesindeki etkisinin yanı sıra özellikle baralardaki kısa devre güçlerinin belli limitler içerisinde kalmasını da sağlamaktır.

Yukarıda da belirtildiği gibi ada çalışma uygulaması büyük iletim sistemlerinde uygulanmakta ve uygulanması yönünde tavsiyeler yapılmaktadır. Türkiye Elektrik iletim sisteminin Doğu Akdeniz bölümünün bir kısmında halen uygulanmakta olan sistem ise literatürdeki manasıyla tam bir ada çalışma olmayıp, kontrollü bölgesel çalışma olarak nitelendirilebileceğimiz bir işletme şeklidir. Bu işletme şeklinde de literatürde de değinilen ada çalışma için gereken gerilimin belli limitler arasında olması; özellikle bölge içerisindeki doğu batı bağlantı hatlarının yüklenme durumu; aktif yük dengesi gibi koşullar sağlanmaktadır. Uygulamada kısa devre akımlarının azaltılması ile sonuçlanan bu bara bölme uygulaması sistemin iki noktasında halen devam etmekte olup birinci uygulamada baralar arası kuplaj kesicisinin açılması (Adana TM'de) ikincisinde ise barayı besleyen iki hattın açılması (Erzin TM) şeklindedir. Bu uygulamalar yapılırken sistemin n-1 koşulları da değerlendirilmektedir. Bu 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 ototrafolar aracılığı ile 400 kV ana sisteme bağlantılı olduklarından izole ada çalışma olmamaktadır.

Bu çalışmada söz konusu bölge üzerinde oluşturulan alternatifler, 2016 yaz puantı yük durumu dikkate alınarak öncelikle kayıplar ve kesicilerin maruz kaldığı kısa devre güçleri 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

5.1. Senaryolar

5.1.1. Birleşik Sistem (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.

5.1.2. Senaryo 2:

Bu senaryoda 154 kV Cihadiye ve Erzin TM lerdeki kuplaj kesicisi açılarak sistem uygun şekilde bölünmüş ve sonuçlar Tablo 2'de özetlenmiştir.

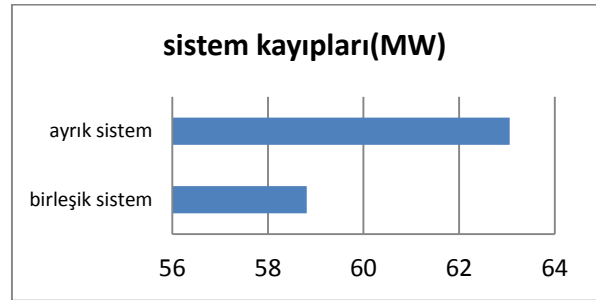
Tüm senaryoların özetle toplu halde görünümü Şekil 4, 5, ve 6'te verilmiştir.

Tablo 1: Senaryo1 sonuçları

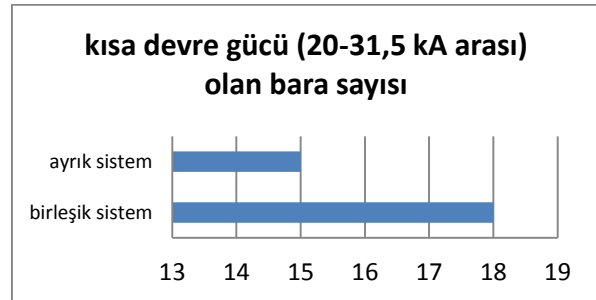
Aktif kayıp(MW) (yük akış analizine göre)	58,81
%50 limiti aşan hat sayısı (kısıtlılık analizine göre)	58
154 kV seviyesinde 20-31.5 kA arası bara k.d. gücü sayısı sayısı (3 faz-toprak arıza analizine göre)	18

Tablo 2: Senaryo2 sonuçları

Aktif kayıp (MW) (yük akış analizine göre)	63,06
%50 limiti aşan hat sayısı (kısıtlılık analizine göre)	97
154 kV seviyesinde 20-31.5 kA arası bara k.d. gücü sayısı sayısı (3 faz-toprak arıza analizine göre)	15

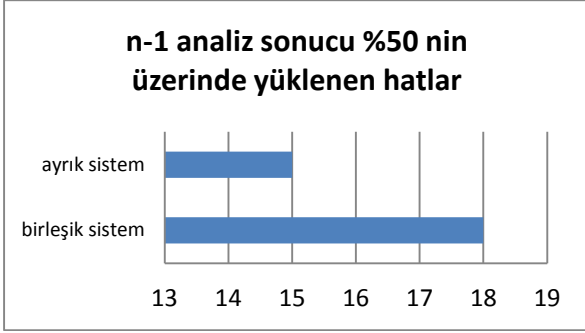


Şekil 4



Şekil 5

7. Kaynaklar



Şekil 6

Özet tablo ve grafikler incelendiğinde

Kayıplar açısından göz önüne alınan sistem kapasitesi dikkate alındığında senaryolar arasında farkın küçük kaldığı görülmektedir.

Kısıtlılık durumunda yani her hattın teker teker açılıp o durumdaki yük akış analizi yapıldığında hatların yüklenme oranına bakıldığında limitinin %50 yüklenmeye göre birleşik sistemin avantajlı olduğu görülmektedir.

Kısa devre açısından bakılınca ise sistemin iki yerinde baraların kuplaj kesicisi açılması marifetiyle ayrılması sonucu oluşan sistemde limiti aşan ve limite yaklaşan iki baranın (Erzin ve Cihadiye) ve genel manada sistemdeki kısa devre güçlerinin kayda değer oranda düştüğü görülmektedir.

2. Bölümde de anlatıldığı gibi maruz kalınan k.d. gücünün azalması kesici ömründe kayda değer artmalar ve tasarruflar sağladığı aşikardır.

6. Sonuçlar

Bu çalışmada enterkonnekte iletim sistemlerinin bölgelere ayrılarak işletilmesi 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 kontrollü 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.

Kesicilerin açma akım değerleri ile kesici ömrünü gösteren açma yapabilme sayısı arasında ters bir ilişki bulunduğundan, sistemde kesicilerin kesmek zorunda kaldığı kısa devre akımlarındaki azalma ömür üzerinde olumlu etki yaratacaktır.

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. İşletim aşamasında uygun çalışma bölgelerinin araştırılmasında, problem çok amaçlı bir eniyileme problemi olarak ele alınarak incelemeler gerçekleştirilebilir.

- [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
- [8] Gümeli Doğan, "Elektrik Güç Sistemlerinde Sistem Genişlemesi Koşulları Altında İşletmenin Eniyilenmesi için Yeni Bir Akıllı Yöntem Geliştirilmesi", Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014