



Farklı Noktalardaki Hat Kopmalarının Gerilim Kararlılığı Üzerindeki Etkileri

M. Kenan DÖŞOĞLU*, Mustafa DURSUN, Uğur GÜVENÇ

*Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Düzce

(Alınış Tarihi/Received: 25.03.2019, Kabul Tarihi/Accepted: 16.05.2019)

*İlgili yazar/Corresponding Author: kenandosoglu@duzce.edu.tr

Anahtar Kelimeler

Gerilim-maksimum
Yüklenme parametresi,
Hat kopması,
Bara gerilim profilleri

Özet: Çok baralı güç sistemlerinde gerilim-maksimum yüklenme ilişkisini belirlemek için birçok durum bulunmaktadır. Bunlardan biriside güç sistemlerinde hat kopma olayıdır. Bu çalışmada, IEEE 14 baralı güç sisteminde farklı noktalarda meydana gelen hat kopmalarının gerilim kararlılığı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Hat kopmaları hatta bulunan kesicilerin belli bir süre devre dışı kalması olması olarak ele alınmıştır. 19 noktada meydana gelen hat kopmalarının gerilim-yüklenme parametresine etkileri gözlemlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada bara gerilim profil değişimlerinde etkiler incelenmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda, hat kopmalarının farklı iletim hatlarında sistem yüklenme parametre değerini ve çalışma limitlerini azalttığı görülmüştür. Özellikle yüklenme parametre değerini ve çalışma limitlerini kritik değere getiren durum iletim hattı 2-3 arasındaki hat kopması olmuştur.

Effects on Voltage Stability of Line Contingency in Different Points

Keywords

Voltage-Maximum
Loading Parameter,
Line contingency,
Bus voltage profile

Abstract: There are many conditions for determining the voltage-maximum loading relationship in multi-bus power systems. One of these is the line contingency in power systems. In this study, Effects on voltage stability of the line contingency occurred different points in IEEE 14 buses power system. Line contingency is considered as disabled for a certain period of time of the breakers situated in line. The effects of line contingency at 19 points on the voltage-loading parameter were observed. Besides, In this study, the effects of bus voltage profile changes were investigated. As a result of this study, it has been seen that line contingency decrease the system loading parameter value and operating limits in different transmission lines. In particular, the line contingency between the state transmission line 2-3, which brought the loading parameter value and the operating limits to the critical value.

1. Giriş

Güç iletim sisteminin kullanımı ve yüklenme durumundaki artmalar nedeniyle, gerilim kararlılığı güç sistemleri uygulamalarında önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Güç sistemlerinde enerji taleplerindeki artmalar çalışma limitlerinin azalmaları ve sistemin güvenli sınır bölgesinden uzaklaşma gibi problemler ile gerilim kararlılığını olumsuz yönde etkilemektedir (Vakil-Baghmisheh, vd., 2008). Gerilim kararlılığı özellikle baraların gerilim-maksimum yüklenme parametresi arasındaki ilişki biçiminde özetlenebilmektedir. Gerilim kararlılığını etkileyen birçok çalışma literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır. Güç sistemlerinde gerilim kararlılığı için çeşitli parametrelerin etkileri incelenmiştir. Bu parametreler farklı güç katsayısı değerleri, hat başı gerilim değerleri, hat kayıp faktörü değerleri, paralel hat sayısı değerleri, şönt-seri kompanzasyon değerleri, hat uzunluğunun değerleri değişmesi gibi etkenlerden oluşmaktadır. Bu etkenlerin bara gerilim-aktif güç ilişkileri yorumlanmıştır (Öztürk, 2007). Güç sisteminde kullanılan statik yük etkilerinin çok baralı sistemde gerilim kararlılığı üzerinde oluşturmuş olduğu etkiler incelenmiştir. Farklı zamanlarda devreye giren ve çıkan statik yük

modelinin bara gerilim, akım, aktif ve reaktif güç üzerindeki oldukça etkili olduğu ilgili çalışmalarda incelenmiştir (Wang, vd., 2016, Arif, vd., 2018). Güç sistemlerinde dinamik yük modeli olarak kullanılan asenkron motorların farklı derece modelinde kullanımı ile gerilim kararlılığı analizi yapılmıştır. Farklı kalkış zamanlarına göre asenkron motorun farklı çalışma konfigürasyonlarındaki durumları incelenmiştir. Farklı derece modellerinde asenkron motorların kullanımı ile gerilim kararlılığı açısından sistem üzerindeki etkiler gözlemlenmiştir (Sun, vd., 2005). Gerilim kararlılığı çalışmalarında kullanılan diğer bir yük modeli olarak 2. Dereceden gerilim denkleminde sahip olan sabit empedans-sabit akım ve sabit aktif güç (ZIP) yük modelidir. ZIP yük modelinin farklı parametre değerindeki etkileri ve bara gerilim profili durumları 5 baralı ve 11 baralı güç sistemlerinde incelenmiştir. Güç sistemlerinde ZIP yük modelin kullanılması ile maksimum yüklenme parametresi ve güç kayıpları bakımından önemli sonuçlar verdiği ilgili çalışmalarda görülmüştür (Döşoğlu, vd., 2018a, Döşoğlu, vd., 2018b). Simetrik arızalar ve farklı yüklenme noktalarına göre gerilim kararlılığı için bara geriliminde çalışma limitlerinin yükseltilmesi ve yüklenme durumunun iyileştirilmesi için Esnek AC İletim Sistemi (FACTS) cihazları gerilim kararlılığında yaygın olarak kullanılmaktadır. FACTS cihazları, Statik Senkron Kompanzator (STATCOM), Statik Var Kompanzator (SVC), Statik Senkron Seri Kompanzator (SSSC), Tristör Kontrollü Seri Kompanzator (TCSC) ve Birleşik Güç Akışı Kontrolü (UPFC)'den oluşmaktadır. Güç sisteminde gerilim, açı, empedans ve akım kontrolünde tercih edilen STATCOM, SVC, SSSC, TCSC ve UPFC sistemin maksimum yüklenme parametre değerini arttırmakta ve gerilim profilini iyileştirmektedir (Lakkireddy, vd., 2015, Sode-Yome, vd., 2004, Kamarposhti, vd., 2008, Kamarposhti, vd., 2011). Kesicilerin hat üzerinde yanlış koordinasyon sonucu açması sonucunda meydana gelen problemlerin gerilim kararlılığı üzerinde oluşturmuş olduğu etkiler ilgili çalışmalarda gösterilmiştir. Hatta bulunan kesicinin devreye girip çıkması ile yüklenme parametre değerinin ve bara gerilim profillerinde önemli bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir. (Andersson, vd., 2005, Chowdhury, vd., 2000).

Yapılan bu çalışmada, kesicilerin devreye girip çıkması ile meydana gelen geçici kararlılık durumu hat kopması olarak temsil edilmektedir. Kesicilerin devreye girip çıkma durumları farklı iletim hatları üzerinde test edilmiştir. 19 tane iletim hattında gerçekleştirilen bu analiz sistemin yüklenme parametre değerinin ne kadar değiştiği ve hangi iletim hattına acil olarak müdahale etmemiz gerektiği hakkında bizlere bilgi verecektir. Literatürde yapılan çalışmalarda bir hat üzerinde geçici durum çalışmaları incelenirken, bu çalışmada neredeyse tüm iletim hatlarının geçici durum çalışmalarında daha detaylı olarak irdelenmesine olanak sağlamaktadır. Yapılan bu çalışma ile en iyi oluşabilecek ve en kötü oluşabilecek senaryolar gerilim-yüklenme parametresi arasındaki ilişki ve bara gerilim profilleri durumlarını belirlemiştir.

2. Gerilim Kararlılığı ve Sürekli Yük Akışı

Gerilim kararlılığı reaktif güç değişimine bağlı olarak değer almaktadır. Reaktif gücün sağlanması ile yük barasının çalışma koşulları iyileştirilmiş olur. Eğer reaktif güç desteği belirlenen sınırların altında kaldığında ve gerilim düşümü başladığında sistem çökmeye gider. Bunun engellemek için reaktif güç bağlı olarak gerilim dengelemesi statik gerilim kararlılığı için önemli bir durum oluşturmaktadır. Sistemin gerilim- maksimum yüklenme parametresi ile baranın aktif güç ve reaktif güç değeri arasındaki ilişki denklem 1 ve denklem 2'de gösterilmiştir.

$$P_L = P_{L0}(1 + \lambda) \quad (1)$$

$$Q_L = Q_{L0}(1 + \lambda) \quad (2)$$

Burada, P_L yükün aktif gücü, Q_L yükün reaktif gücü, P_{L0} güç akışı başlangıcındaki yükün aktif gücü, Q_{L0} güç akışı başlangıcındaki yükün reaktif gücü, λ sistemin yüklenme parametre değeridir (Kazemi, Badrzadeh, 2004). Sürekli yük akışında gerilim ve yüklenme parametresi arasındaki ilişkiden yararlanılmaktadır. Sürekli yük akışı analizinde belli sistem modellerinin desteklenmesi olmaksızın belirli zorluklara karşı çözümleme çok üstündür. Ayrıca sistem eşitliklerindeki tekil çözümleme durumunun oluşturacağı olumsuz durumlara karşı gerilim otomatik olarak değişme özelliğine sahiptir.

Gerilim kararlılığı analizinde sürekli yük akışı yönteminden yararlanılmaktadır. Sürekli güç akış yöntemi, teğet vektörün hesaplanmasıyla gerçekleştirilen bir tahminci adımdan ve yerel bir parametrelendirme veya dikey bir kesişme yoluyla elde edilebilecek bir düzeltici adımdan oluşur.

Tahminci adım sürekli güç akış analizinde, tahminci (öngörücü) adım ilişkisinde i adımı ve $(y^{(i)}, \mu^{(i)})$ çözümü ve ψ homotopi haritası için ilişkilendirme denklem 3'de gösterilmiştir.

$$\psi(y^{(i)}, (\mu^{(i)}), \mu^{(i)}) = 0 \longrightarrow \left. \frac{d\psi}{d\mu} \right|_i = 0 = \psi_y \Big|_i \frac{dy}{d\mu} \Big|_i + \psi_\mu \Big|_i \quad (3)$$

Bu ifadede, $(y^{(i)}, \mu^{(i)})$ çözümü için tanjant (teğet) vektörü ve kısalma adımlarının tanımlaması denklem 4 ve denklem 6 arasında gösterilmiştir.

$$\tau^{(i)} = \left. \frac{dy}{d\mu} \right|_i \approx \frac{\Delta y^{(i)}}{\Delta \mu^{(i)}} \quad (4)$$

$$\tau^{(i)} = -\psi_y^{-1} \Big|_i \psi_\mu \Big|_i \quad (5)$$

$$\Delta y^{(i)} = \tau^{(i)} \Delta \mu^{(i)} \quad (6)$$

$\|\tau^{(i)}\|_2$ arttığında büyük adımlardan kaçınmak için denklem 4 ile denklem 6 arasında görünen $\Delta \mu^{(i)}$ ve $\Delta y^{(i)}$ 'nin artışını belirlemek için bir adım boyut denetimi k 'nın seçilmesi gerekmektedir. k adım boyut büyüklüğünün işareti, μ 'nün artırılıp azaltılması ile belirlenir. Tam bir burun eğrisi elde etmek için üst kısım $k > 0$ ve alt kısım ise $k < 0$ olur. Jacobian matrisi işaretinin determinantı eğer düğüm çatallaşmasından önce ve sonra veya kritik limite bağlı çatallaşma noktasının değişiminden dolayı akım noktasının burun eğrisinin üst kısmında mı yoksa alt kısmında mı olduğunu anlamak kolaylaşır. Tanjant (teğet) tahmincisi, teğet vektör dışındaki tahminci adımların uygulanabileceğini gözlemlemeye değer bir tahmincidir. Sekant tahmincisi, iki çözüm $(y^{(i-1)}, \mu^{(i-1)})$ ve $(y^{(i)}, \mu^{(i)})$ bilindiği zaman, denklem 7' de verilen tanjant $\tau^{(i)}$ ifadesinde yakın çözüm elde edilmesi sağlanmış olur.

$$\tau^{(i)} = - \left. \frac{dy}{d\mu} \right|_i \approx y^{(i)} - y^{(i-1)} \quad (7)$$

En yaygın olarak kullanılan düzeltici adım n_y+1 değişkenlerinde bir n_y+1 denklem kümesi olan durumdur. Bunun çözümü ψ ve ρ 'nun çatallanma manifoldundadır. Çatallanma noktasında tekil olmayan bir yeri garanti etmek için ek bir denklem kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan sürekli denklemler dikey kesişmeden oluşmaktadır. Dikey kesişme ifadesi denklem 8'de gösterilmiştir.

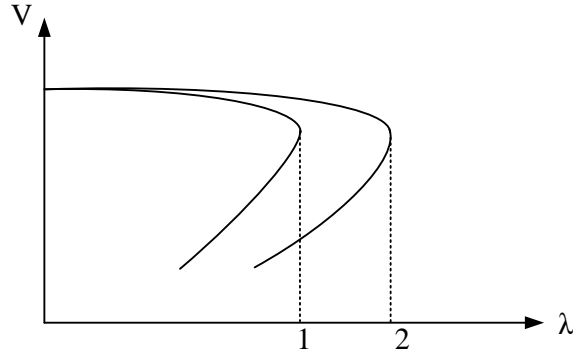
$$\rho(y, \mu) = \begin{vmatrix} \Delta y^{(i)T} \\ \Delta \mu^{(i)} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} y - (y^{(i)} + \Delta y^{(i)}) \\ \mu - (\mu^{(i)} + \Delta \mu^{(i)}) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \Delta y^{(i)T} \\ \Delta \mu^{(i)} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} y - \mathcal{Y}^{(i)} \\ \mu - \mathcal{M}^{(i)} \end{vmatrix} \quad (8)$$

Denklem 8'de, ρ ifadesi yerel parametre belirleme için, ya μ parametresi yada y_k değişkeni atanmış bir değer olmaya zorlanması gerekmektedir. M parametresi yada y_k değişkeni atanmış olması durumunda oluşan yeni durum ifadeleri denklemi 9 ve denklem 10'da gösterilmiştir (Milano, 2010).

$$\rho(y, \mu) = \mu - \mu^{(i)} - \Delta \mu^{(i)} = \mu - \mathcal{M}^{(i)} \quad (9)$$

$$\rho(y, \mu) = y_k - y_k^i - \Delta y_k^{(i)} = y_k - \mathcal{Y}_k^{(i)} \quad (10)$$

Tahminci adım ve düzeltici adım yakınsama durumlarına göre gerilim kararlılığı analizinde yüklenme parametre değeri elde edilmesi kolaylaşmış olmaktadır. Gerilim ve yüklenme parametre arasındaki ilişki Şekil 1'de gösterilmiştir.

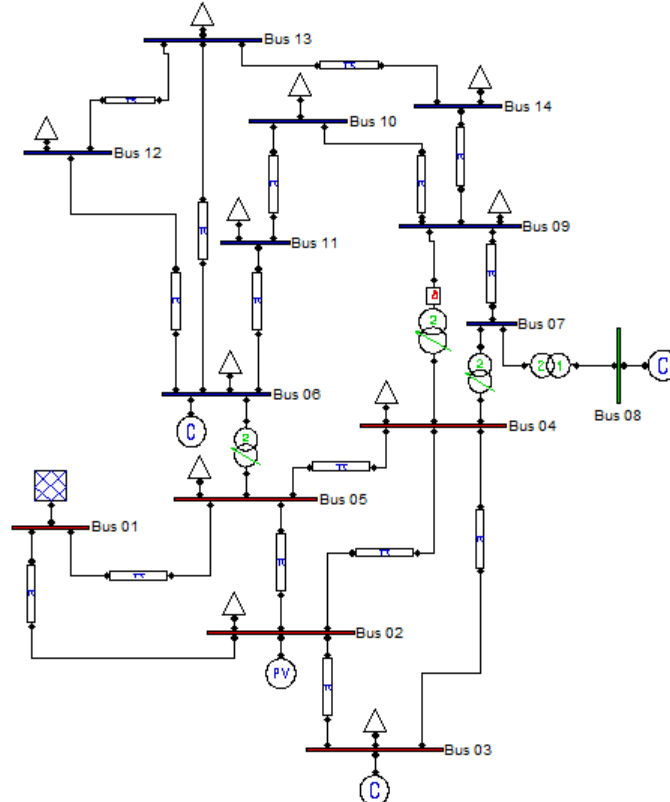


Şekil 1. Gerilim-yüklenme parametre ilişkisi

Baranın yüklenme durumuna göre, baradaki arıza durumlarında ve hat kopması gibi oluşabilecek geçici durumlarda şekil 1'de gösterilen gerilim-yüklenme parametre ilişkisi değişmektedir. Genelde olumsuz olan durumlar neticesinde gerilim-yüklenme durumu 1 numaralı durumdakine benzerken, güç sisteminde baradaki yüklenmenin azalma durumu ve FACTS cihazlarının kullanımı gibi durumlarda ise 2 numaralı kısma benzer şekilde yüklenme durumu belirlenmektedir. Güç sistemlerinde yüklenme parametre değeri gerilim ile sistem çalışma koşullarındaki aktif ve reaktif güç ilişkisi olarak tanımlanmaktadır. Yüklenme parametre değeri şekil 1'de gösterilen 1 ve 2 numara ile bara geriliminin kesiştiği nokta olarak gösterilmektedir. Yani şekil 1'de x eksenini ve y ekseninin kesiştiği noktadır. Yüklenme parametre değeri çok baralı güç sistemlerinde sürekli yük akışı analizi ile elde edilmektedir. Çalışma limit değerleri şekil 1'de gösterilen yüklenme parametre değerine bağlı olarak yük baralarının minimum ve maksimum alabileceği gerilim olarak tanımlanmaktadır. Maksimum ve minimum gerilim değerleri sürekli yük akışı analizi ile hesaplanabilmektedir. Sistemdeki maksimum yüklenme parametre değerinin şekil 1'de görüldüğü gibi 1 numaradan 2 numaraya gelmesinde hem yüklenme değeri hem de yük baralarının çalışma limit değerlerinin artması kararlılık yönünden olumlu bir durumdur. Ancak 1 numaradan daha alt içe doğru eğrinin küçülmesinde yüklenme değeri ve yük baralarının çalışma limit değerlerinin azalması durumu ortaya çıkmaktadır. Bu durum kararlılık yönünden olumsuz çalışmayı teşkil etmiş olur.

3. Benzetim Çalışması

Yapılan çalışmada, IEEE 14 baralı güç sisteminde analiz edilmiştir. Bu analizde Güç Sistemleri Analizi Programı (PSAT) kullanılmıştır (Milano, 2005). 14 baralı güç sisteminin devre modeli Şekil 2'de gösterilmiştir.

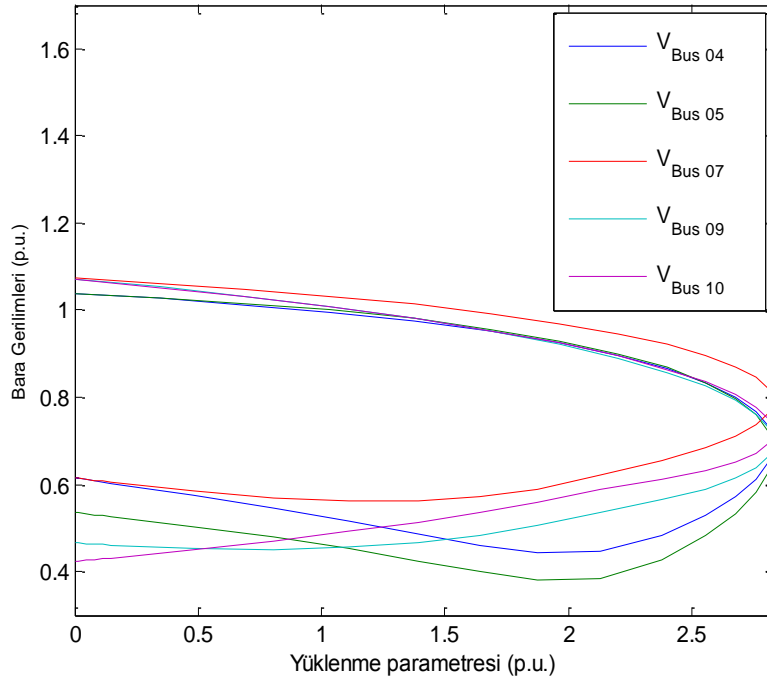


Şekil 2. 14 Baralı güç sistem modeli

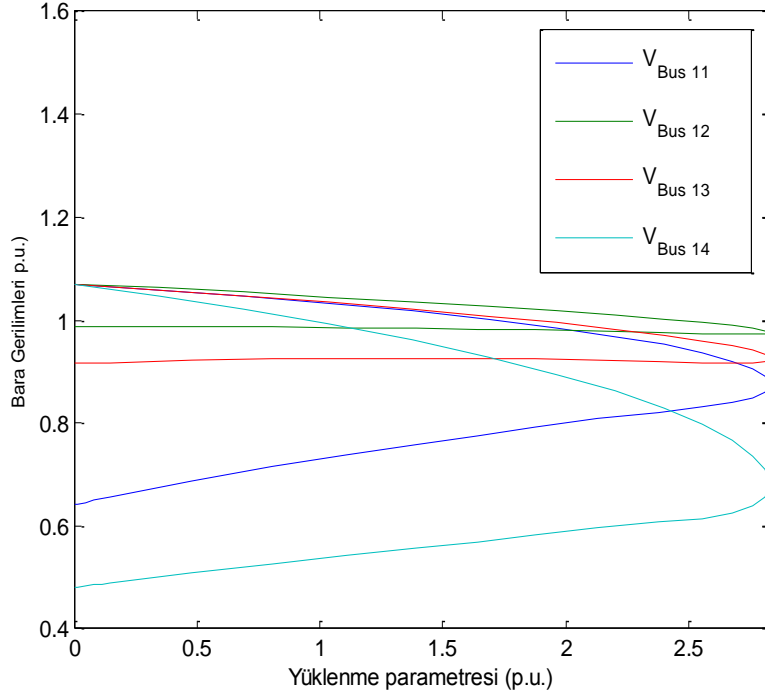
IEEE 14 baralı güç sisteminde 1 numaralı bara salınım barası olarak kullanılırken, 2, 3, 6 ve 8 numaralı baralar generatör barası olarak kullanılmıştır. Diğer geri kalan 9 bara ise yük barası olarak kullanılmıştır. IEEE 14 baralı sistemin 5-6, 4-8 ve 4-9 iletim hatlarında gerilimi düşüren transformatörler kullanılmıştır. 5-6 ve 4-9 numaralı iletim hatları arasındaki transformatörlerde kademe değiştirme ve faz kaydırma işlemleri yapılmaktadır. IEEE 14 baralı güç sisteminde 1-2 numaralı iletim hatları haricinde 19 adet iletim hattı bulunmaktadır. Bu benzetim çalışmasında iletim hattı sayısı kadar analiz yapılmıştır. Her iletim hattına bağlanan kesici ile ayrı bir analiz gerçekleştirilmiştir. İletim hatlarına bağlanan kesicide devreye girme ve çıkma zamanları olarak 1 ile 1.5 saniye seçilmiştir. Ayrıca 19 analiz sonucundaki bara gerilim profilleri incelenmiştir. Sistemdeki yüklenme durumu bara gerilimleri ile sistemin maksimum yüklenebilirlik durumu arasındaki ilişkiyi belirlemektir. Bara gerilim profilleri ise sadece sürekli yük akışı analizi sonucunda bulunan gerilim değerleri olmaktadır. Yüklenme durumu ve bara gerilim profillerine bağlı olarak elde edilen sonuçlar detaylı bir şekilde yorumlanmıştır.

4. Benzetim Çalışması Sonuçları ve Değerlendirme

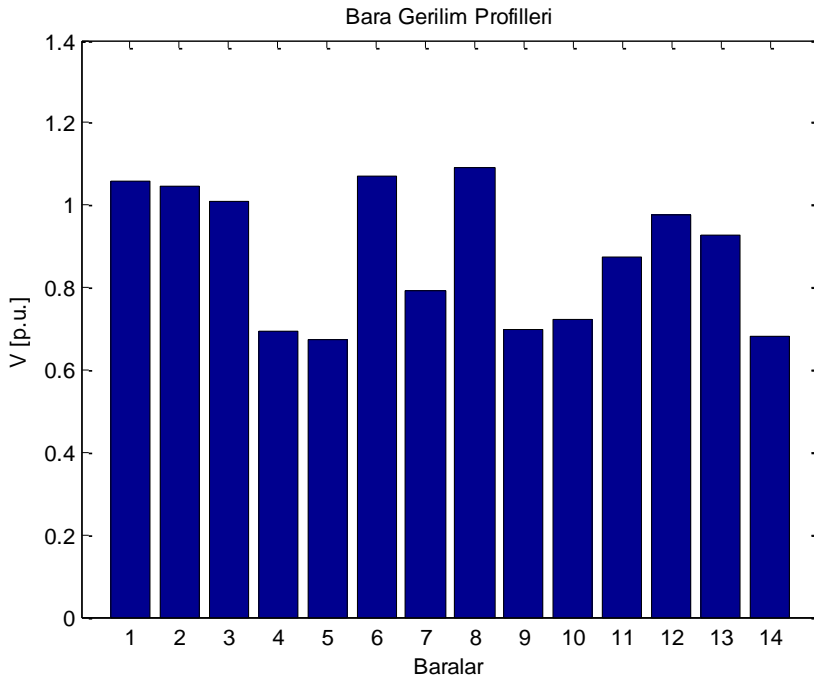
IEEE 14 baralı güç sisteminde yapılan analizlerin ilkinde hatların hiçbirine kesici bağlanmamıştır. Çok baralı güç sisteminde sürekli yük akışı yapılarak sistemin yüklenme parametre değeri elde edilmiştir. Bu değer 2.8286 olarak bulunmuştur. Bara 4,5,7,9,10,11,12,13 ve 14'ün gerilim-yüklenme parametre durumu Şekil 3 ve Şekil 4'de verilirken, 14 baranın gerilim profilleri Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 3. Normal çalışmada bara 4,5,7,9 ve 10'nun gerilim-yüklenme parametre ilişkisi (sistemin yüklenme parametresi=2.8286)

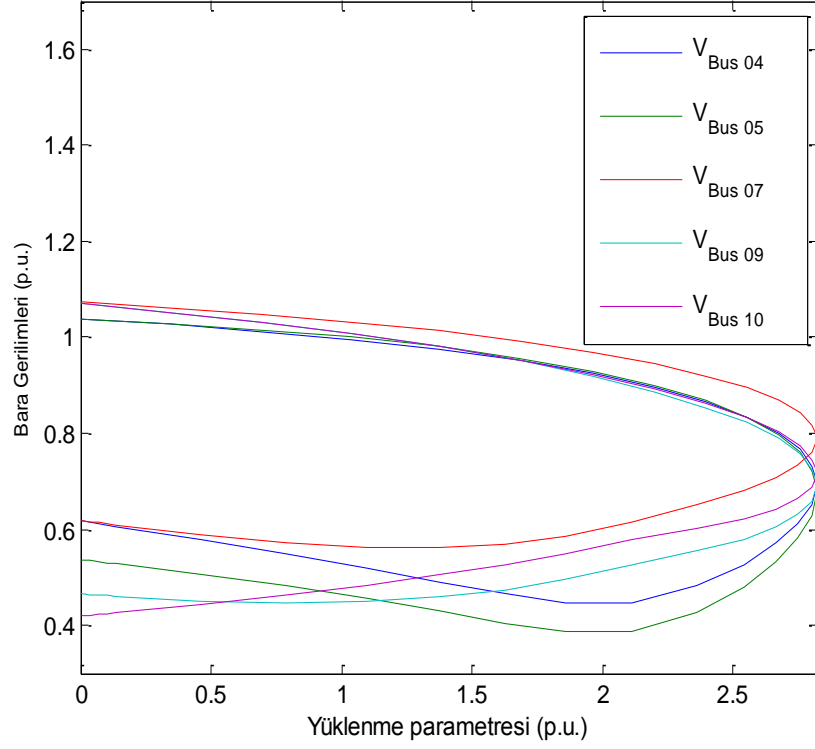


Şekil 4. Normal çalışmada bara 11,12,13 ve 14'ün gerilim-yüklenme parametre ilişkisi (sistemin yüklenme parametresi=2.8286)

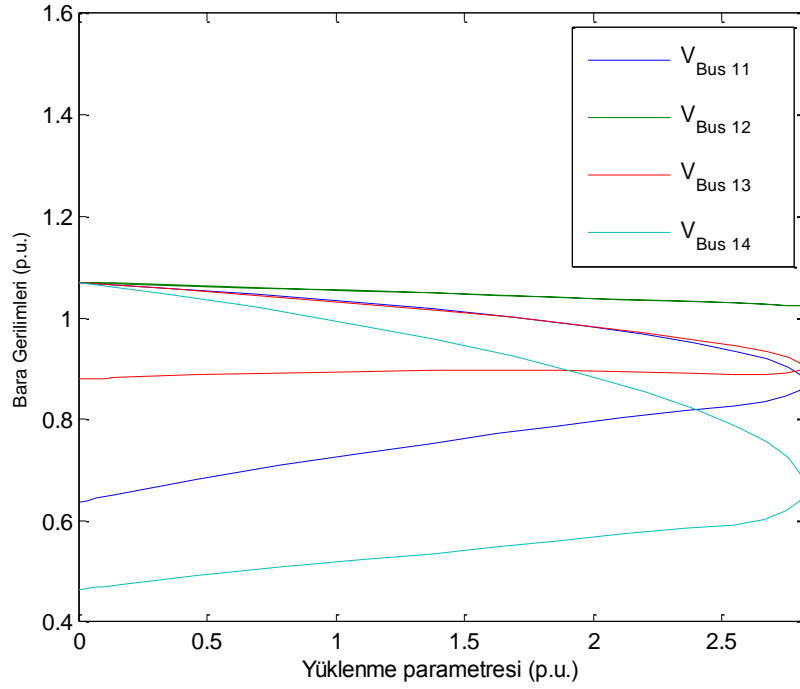


Şekil 5. Normal çalışmada tüm baraların gerilim profilleri (sistemin yüklenme parametresi=2.8286)

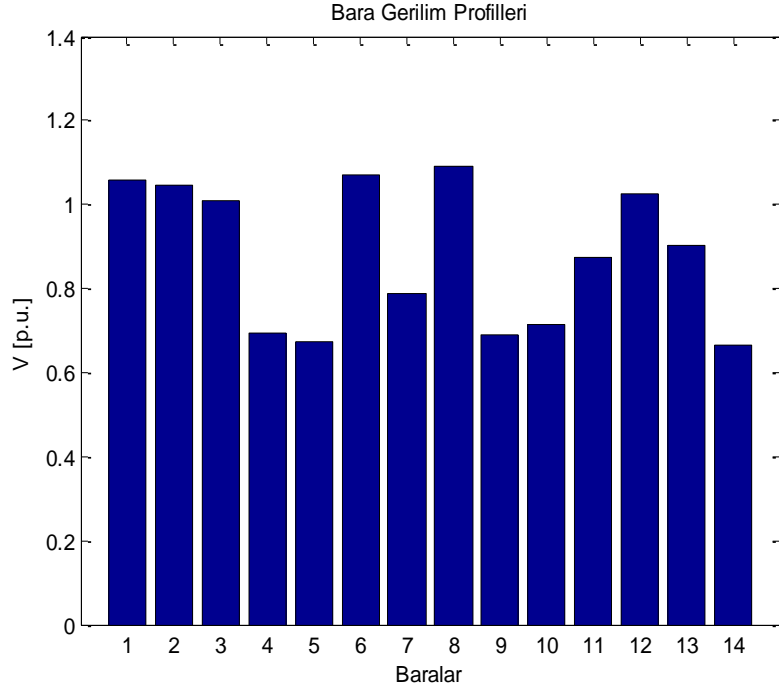
Yapılan ikinci analizde kesici 12 numaralı ve 13 numaralı iletim hatları arasında bağlanmıştır. Kesici 1 saniyede devre dışı kalıp 1.5 saniyede tekrardan devreye girmiştir. Kısa süreli olarak kesicinin devreye girip çıkması esnasındaki sistemin yüklenme parametre değeri 2.8219 olarak elde edilmiştir. Bara 4,5,7,9,10,11,12,13 ve 14'ün gerilim-yüklenme parametre durumları Şekil 6 ve Şekil 7'de verilirken, tüm baraların gerilim profilleri Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 6. Kesicinin 12-13 numaralı iletim hatlarına bağlanması ile bara 4,5,7,9 ve 10'nun gerilim-yüklenme parametre ilişkisi (sistemin yüklenme parametresi=2.8219)

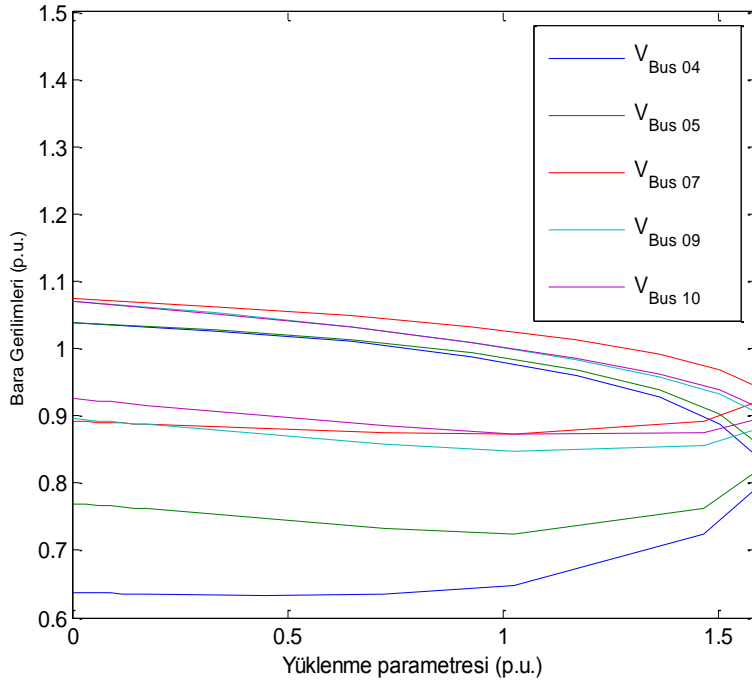


Şekil 7. Kesicinin 12-13 numaralı iletim hatlarına bağlanması ile bara 11,12,13 ve 14'ün gerilim-yüklenme parametre ilişkisi (sistemin yüklenme parametresi=2.8219)

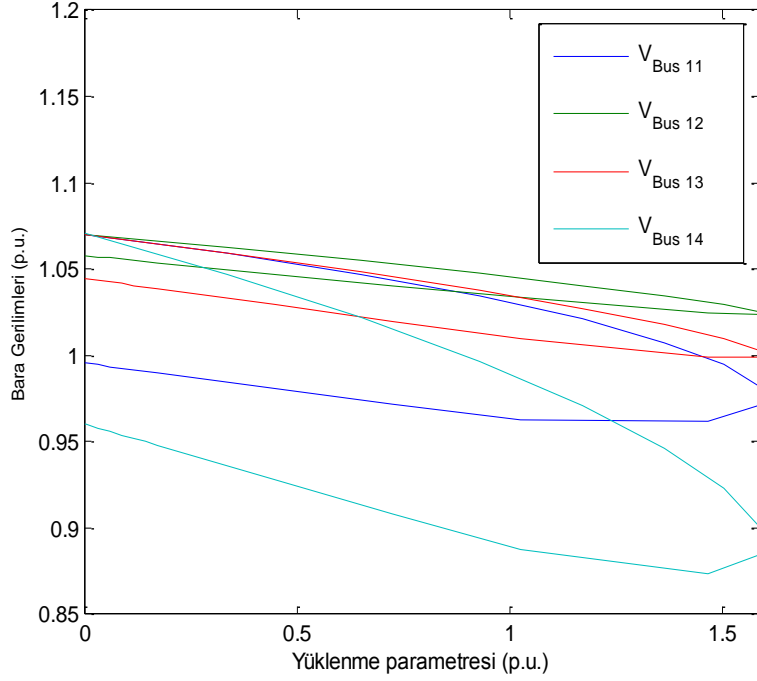


Şekil 8. Kesicinin 12-13 numaralı iletim hatlarına bağlanması ile tüm baraların gerilim profilleri (sistemin yüklenme parametresi=2.8286)

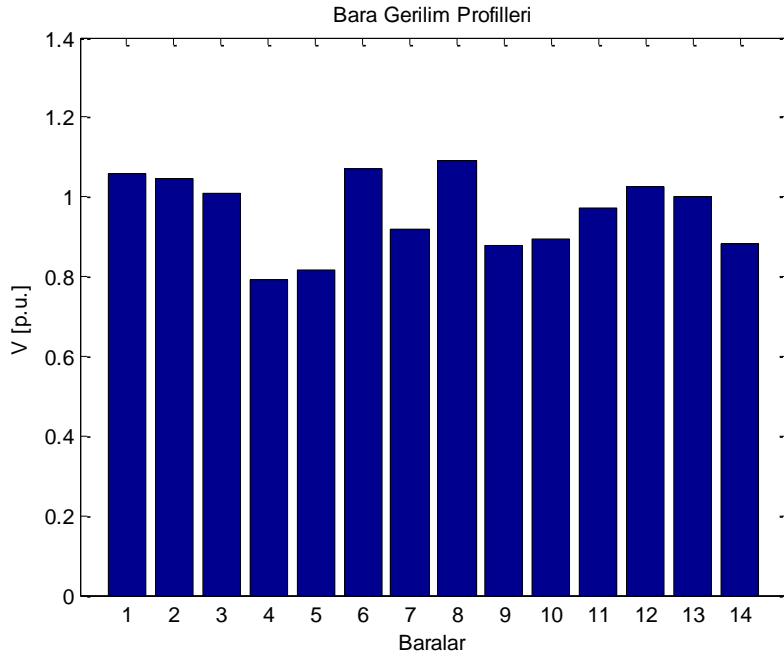
Bu çalışmada yapılan üçüncü analizde kesici 2 numaralı ve 3 numaralı hatlar arasında bağlanmıştır. Kesici ikinci analizde olduğu gibi 1 saniyede devre dışı kalıp 1.5 saniyede tekrardan devreye girmiştir. Kesicinin kısa süreli olarak devreye girip çıkması durumunda sistemin yüklenme parametre değeri 1.5846 olarak elde edilmiştir. Bara 4,5,7,9,10,11,12,13 ve 14'ün gerilim-yüklenme parametre ilişkileri Şekil 9 ve Şekil 10'da verilirken, tüm baraların gerilim profilleri Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 9. Kesicinin 2-3 numaralı iletim hatlarına bağlanması ile bara 4,5,7,9 ve 10'nun gerilim-yüklenme parametre ilişkisi (sistemin yüklenme parametresi=1.5846)



Şekil 10. Kesicinin 2-3 numaralı iletim hatlarına bağlanması ile bara 11,12,13 ve 14'ün gerilim-yüklenme parametre ilişkisi (sistemin yüklenme parametresi=1.5846)



Şekil 11. Kesicinin 2-3 numaralı iletim hatlarına bağlanması ile tüm baraların gerilim profilleri (sistemin yüklenme parametresi=1.5846)

Elde edilen 9 benzetim çalışması sonucunda normal çalışma, kesicinin 9-10 numaralı iletim hattı arasındaki açma-kapama durumu ve kesicinin 2-3 numaralı iletim hattı arasındaki açma-kapama durumları incelenmiştir. Sistemdeki hatların, baraların ve yüklerin almış olduğu değerlere bağlı olarak yapılan sürekli yük akışı analizinde yüklenme parametreleri farklılıklar gösterir. Bu çalışmada tüm iletim hattına kesicinin bağlanması sonuçları alınmıştır. Elde edilen tüm sonuçlar yüklerin aktif-reaktif güç değerleri, yüklerin güç akışı başlangıcındaki aktif-reaktif güç değerlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Farklı iletim hatlarında yapılan tüm analizlerden elde edilen yüklenme parametre sonuçları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Farklı iletim hatlarındaki kesicideki açma-kapama olaylarında elde edilen yüklenme parametresi değerleri

İletim Hatları	Maksimum Yüklenme Parametresi
1-5	2.5698
2-3	1.5846
2-4	2.3037
2-5	2.3979
3-4	2.7451
4-5	2.7629
4-7	2.5357
4-9	2.7636
5-6	1.6099
6-11	2.4830
6-12	2.7904
6-13	2.2818
7-8	2.4574
7-9	2.0414
9-10	2.8073
9-14	2.6441
10-11	2.6245
12-13	2.8219
13-14	2.2875

5. Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada, farklı hatlarda meydana gelen kısa süreli hat kopmalarının IEEE 14 baralı güç sisteminde gerilim kararlılığı üzerinde oluşturmuş olduğu etkiler üzerinde durulmuştur. 19 tane farklı iletim hattında kesicinin açma-kapama durumlarının karşılaştırmaları şekiller ve tablo ile bu çalışmada gösterilmiştir. Tüm durumlarda kesicinin devreye girip çıkmasının normal çalışma durumuna göre yüklenme parametre değerini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Özellikle 2 ile 3 numaralı iletim hattında kesicinin kısa süreli devreye girip çıkması sistemin baralar arasındaki güç alış veriş kapasitesinin ve çalışma limitlerini azalttığı görülürken, 12 ile 13 numaralı iletim hatlarına kesicinin bağlanması durumunda sistemin baralar arasındaki güç alış veriş kapasitesinde ve çalışma noktasında pek bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Yapılan analiz sonucunda bara gerilim profillerinde en iyi sonucu veren analiz 2 ile 3 numaralı iletim hattına bağlı olan kesicinin devreye girip çıkması olmuştur. Bu çalışmada sonuçlarına bağlı olarak hat kopması olaylarında yüklenme durumlarının iyileştirilmesinde Esnek AC İletim Sistemi (FACTS) cihazlarının kullanımları ve optimum yerleşim noktalarının olmasında literatüre farklı ve yeni çalışmaların sunulmasına zemin hazırlayacaktır.

Kaynaklar

Vakil-Baghisheh, M. T., Razmi, H. (2008). Dynamic Voltage Stability Assessment of Power Transmission Systems Using Neural Networks, *Energy Conversion and Management*, 49, 1, 1-7.

Öztürk, A. (2007). Güç Sistemlerinde Gerilim Kararlılığının Genetik Algoritma ile İncelenmesi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Wang, J., Yang, L., Ma, Y., Wang, J., Tolbert, L. M., Wang, F. F., Tomsovic, K. (2016). Static and Dynamic Power System Load Emulation in A Converter-Based Reconfigurable Power Grid Emulator, *IEEE Transactions on Power Electronics*, 31, 4, 3239-3251.

Arif, A., Wang, Z., Wang, J., Mather, B., Bashualdo, H., Zhao, D. (2018). Load Modeling—A Review. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 9, 6, 5986-5999.

Sun, H. D., Zhou, X. X., Li, R. M. (2005). Influence of Induction Motor Load Parameters on Power System Transient Voltage Stability, *Power System Technology*, 23.

Döşoğlu, M. K. (2018a). Investigation With TCSC, SSSC and UPFC of Static Voltage Stability in ZIP Load Modeling., *Muğla Science and Technology*, 4, 2, 175-181.

- Döşoğlu, M. K., Özbay M., Dursun, M., Küçük, B., Poyraz, G. (2018b) ZIP Yük Modelinde Maksimum Yükleme Parametre Değerinin STATCOM ve SVC ile İyileştirilmesi, BİLMES 2018, 894-901, Nevşehir, Türkiye.
- Lakkireddy, J., Rastgoufard, R., Leevongwat, I., Rastgoufard, P. (2015). Steady State Voltage Stability Enhancement Using Shunt and Series FACTS Devices, 2015 Clemson University Power Systems Conference (PSC), 1-5, Clemson, South Carolina, USA.
- Sode-Yome, A., Mithulanathan, N. (2004). Comparison of Shunt Capacitor, SVC and STATCOM in Static Voltage Stability Margin Enhancement, International Journal of Electrical Engineering Education, 41, 2, 158-171.
- Kamarposhti, M. A., Alinezhad, M., Lesani, H., Talebi, N. (2008). Comparison of SVC, STATCOM, TCSC, and UPFC Controllers for Static Voltage Stability Evaluated by Continuation Power Flow Method, 2008 IEEE Canada Electric Power Conference EPEC 2008, -8, Canada, USA.
- Kamarposhti, M. A., Lesani, H. (2011). Effects of STATCOM, TCSC, SSSC and UPFC on Static Voltage Stability, Electrical Engineering, 93, 1, 33-42.
- Andersson, G., Donalek, P., Farmer, R., Hatziargyriou, N., Kamwa, I., Kundur, P., Schulz, R. (2005). Causes of The 2003 Major Grid Blackouts in North America and Europe, and Recommended Means to Improve System Dynamic Performance. IEEE Transactions on Power Systems, 20, 4, 1922-1928.
- Chowdhury, B. H., Taylor, C. W. (2000). Voltage Stability Analysis: VQ Power Flow Simulation Versus Dynamic Simulation. IEEE Transactions on Power Systems, 15, 4, 1354-1359.
- Kazemi, A., Badrzadeh, B. (2004). Modeling and Simulation of SVC and TCSC to Study Their Limits on Maximum Loadability Point, International Journal of Electrical Power Energy Systems, 26, 8, 619-626.
- Milano, F. (2010). Power system modelling and scripting. Springer 2010 ed., Business Media, Springer
- Milano, F. (2005). An Open Source Power System Analysis Toolbox," IEEE Transactions on Power Systems, 20, 3, 1199-1206.