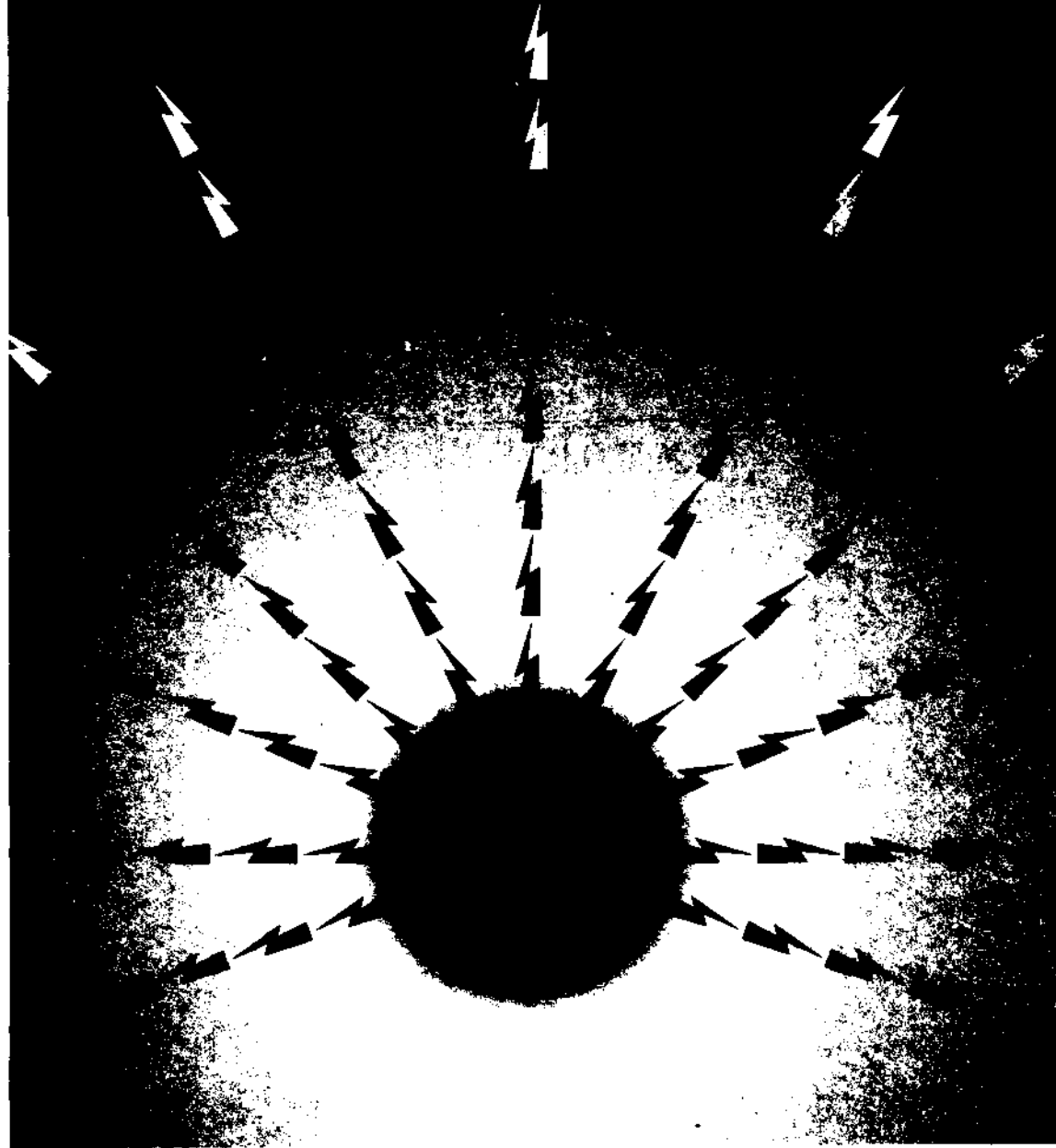


TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI

ELEKTRİK - ELEKTRONİK BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ 7. ULUSAL KONGRESİ



TMMOB
ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI
ANKARA ŞUBESİ



ODTÜ
ELEKTRİK -ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ



TÜBİTAK

ÖNSÖZ

TBMMO Elektrik Mühendisleri Odası Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 7. Ulusal Kongresini ve Sergisini Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde gerçekleştirmiş olmaktan onur ve sevinç duymaktayız. Üniversite olarak kongreye ikinci kez evsahipliği yapmamız bizi fazlasıyla mutlu etmiştir, ama mutluluğumuz asıl geçen süre içinde Odamızın, meslek yaşamımızın ve Üniversitemizin ne kadar gelişmiş olduğunu gözlemekten kaynaklanmaktadır.

Gerçekten de ilgi alanlarımızın çeşitlenmesi, bu alanlarda belli bir beceriye ulaşılmış olması, eskiden güçlü olduğumuz dallarda da gücümüzün sürmesi Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendislerimizin ülke genelinde giderek daha fazla söz sahibi olmaları olgusunu yaratmaktadır. Bireysel başarılarımızın kurumlanmızı da ülke ekonomisi ve gelişmesi bakımından güçlendirmekte olduğu açıktır. Nitekim bu sektörlerde faaliyet gösteren kuruluş sayısı hızla artmaktadır. Bu sayısal gelişmenin nitelik bakımından da aynı hızla sürdüğünü görmek sevindiricidir. Kongremiz ve sergimiz bunun en somut kanıtını oluşturmaktadır.

2000li yılların Türkiye'sinin ihtiyaçlarını yakalayabilmek için daha çok şeyler yapılması gerekmektedir. Endüstri-Eğitim Kurumlan ve Meslek Odaları arasındaki iletişim ve karşılıklı etkileşimi güçlendirmek gerekmektedir. Bu geçmişe oranla daha sevindirici bir düzeyde sürüyor da olsa henüz gelişmiş ülkelerdeki başarılı örneklerin uzağındadır. Önümüzdeki yularda bu konuda daha fazla çabaya ihtiyaç vardır.

Tüm katılımcılara Kongre ve Sergimize vermiş oldukları güç için teşekkür ediyorum. Sizleri Üniversitemizde görmenin kıvançıyla selamlıyor saygılarımı sunuyorum.

Prof. Dr. Fatik Canatan
Yürütme Kurulu Başkan

ELEKTRİK-ELEKTRONİK-BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ
7. ULUSAL KONGRESİ

YÜRÜTME KURULU

Fatih CANATAN (Başkan, ODTÜ)

M. Mete BULUT (ODTÜ)
Cengiz BEŞİKÇİ (ODTÜ)
Gönül SAYAN (ODTÜ)
Cemil ARIKAN (TÜBİTAK)
M. Hacim KAMOY (ASELSAN)
Hüseyin ARABUL (BARMEK)
Aydın GÜRPINAR (ENERSİS)

M. Asım RASAN (EMO)
Cengiz GÖLTAŞ (EMO)
H. Ali YİĞİT (EMO)
Kubilay ÖZBEK (EMO)
M. Sıtkı Çiğdem (EMO)
Funda BAŞARAN (EMO)
Mustafa ÖZTÜRK (EMO)

EDITÖRLER

Fatih CANATAN

Mehmet Mete BULUT

$$\Delta P_T = \sum_{j=1}^{j_{\max}} \left(\sum_{i=1}^n \dot{F}_i(P_{S,y}) \right) \Delta P_{S,y} + K_i(P_{S,y}) A_{i,y} I_j \quad (8)$$

Benzer şekilde (2) denklemiyle verilen eşitlik kısıtın her iki yanına ait değişim yazılırsa, $P_{i,j}$ sabit olduğundan,

$$\Delta P_{S,ref,j} = \Delta P_{loss,j} - \sum_{i=1}^n \Delta P_{S,y} - \sum_{k=1}^m \Delta P_{H,k} \quad (9)$$

sonucu elde edilir. Diğer taraftan sistemde y. zaman aralığındaki kayıplardaki değişime aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\Delta P_{loss,j} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial P_{loss,j}}{\partial P_{S,y}} \Delta P_{S,y} + \sum_{k=1}^m \frac{\partial P_{loss,j}}{\partial P_{H,k}} \Delta P_{H,k} + \frac{\partial P_{loss,j}}{\partial P_{S,y}} \Delta P_{S,y} \quad (10)$$

(10) denklemiyle verilen $\Delta P_{S,y}$ ifadesi (9) denkleminde yerine konup gerekli düzenlemeler yapılırsa

$$\Delta P_{S,ref,j} = \frac{-\sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{\partial P_{loss,j}}{\partial P_{S,y}} \right) \Delta P_{S,y} - \sum_{k=1}^m \frac{\partial P_{loss,j}}{\partial P_{H,k}} \Delta P_{H,k}}{f_i} \quad (11)$$

sonucu elde edilir. Çözümde referans bara penaltı faktörleri [1] kullanıldığından, (11) denkleminin elde edilmesinde $\frac{\partial P_{loss,j}}{\partial P_{S,y}} = 0$ alınmıştır. (11) denkleminde

(12) denklemindeki ifadeler yerine konup elde edilen ifade (8) denkleminde yerine konursa

$$A_{i,k} = \frac{\Delta q_{k,j}}{\dot{q}_k(P_{H,k,j})}, \quad \beta_{S,y} = 1 - \frac{\partial P_{loss,j}}{\partial P_{S,y}} \quad (12)$$

$$\beta_{H,k} = 1 - \frac{\partial P_{loss,j}}{\partial P_{H,k}} \quad (12)$$

(13) denklemi elde edilmektedir

$$\Delta P_T = \sum_{j=1}^{j_{\max}} \left\{ \sum_{i=1}^n \left[\dot{F}_i(P_{S,y}) - \beta_{S,y} \dot{F}_{ref}(P_{S,ref,j}) \right] \Delta P_{S,y} - \sum_{k=1}^m \beta_{H,k} \gamma_{ref,k,j} \Delta q_{k,j} \right\} \quad (13)$$

(13) denkleminde

$$\gamma_{ref,k,j} = \frac{\dot{F}_{ref}(P_{S,ref,j})}{\dot{q}_k(P_{H,k,j})} \quad (R \text{ acre-ft}) \quad (14)$$

olarak tanımlanmaktadır. $x_{i,p} \leq$ birim su fiyatı boyutundadır ve *puseydo su fiyatı* olarak da adlandırılmaktadır. $AP_{S,y}$ 'nin katsayıları birim (spot) enerji fiyatı $fR/MI/l^3$ boyutundadır. Ayrıca (12)

denkleminde görülen $f_{i,j}$ ve $(j_{i,y})$ değerleri / zaman aralığındaki / tenmik birim ile k . hidrolik birimin penaltı faktörlerinin terslerine eşittir. Bu değerler / zaman aralığında yapılan yük akışı çözümünde elde edilen Jacobian matrisi kullanılarak bulunabilmektedir [1],

$(g \sim 1)$. iterasyondaki toplam maliyet, $T_{i,y}^{(g)}$, g . iterasyondaki toplam maliyet ile bu maliyetteki değişim kullanılarak

$$T_{i,y}^{(g+1)} = T_{i,y}^{(g)} + \Delta T_{i,y}^{(g)} \quad (15)$$

şeklinde bulunmaktadır. Bu nedenle, her iterasyonda toplam maliyette bir azalma sağlamak için (13) denklemiyle verilen toplam maliyetteki değişim değerinin negatif yapılması gerekir.

2.1 ÇÖZÜM ALGORİTMASI

Çözüm algoritması aşağıda adımlar şeklinde verilmektedir.

Adım-1: iterasyon sayacı sıfıra aşıtlendir. $g = 0$. $T_{i,y}^{(g)}$,

$k = 1, \dots, w$, $j = 1, \dots, j_{i,y}$ başlangıç değerleri (4), (5) ve

(6) kısıtları sağlanacak şekilde seçilir. Benzer şekilde $\Delta P_{S,y}$, $\Delta P_{H,k}$, $\Delta P_{S,y}$ başlangıç değerleri (3)

kısıtlarını ve $\sum_{i=1}^n P_{S,y}^{(i)} \leq T_{i,y}$, $\sum_{k=1}^m P_{H,k}^{(k)} \leq V_{i,y}$ kısıtlarını

sağlayacak şekilde seçilir. Daha sonra seçilen aktif üretim değerleriyle tüm zaman aralıklarında güç akışı yapılır ve $f_{i,j}$, $f_{i,y}$, $f_{i,y}$ ve $h_{i,y}^{(y)}$ değerleri hesaplanır.

Adım-2: (13) denkleminde $\Delta P_T > x / \epsilon_{i,y}$ tane olan

$A_{i,k}$ terimlerine ait katsayılar hesaplanır. Yine (13)

denkleminde $j_{i,y}$ tane olan her bir hidrolik birime ait

$A_{k,j}$ terimlerinin mutlak olarak maksimum

(j_w aralığındaki katsayı) ve minimum değerli

(j_k aralığındaki katsayı) olan katsayıları bulunduktan

sonra bunlar arasındaki farkın mutlak değeri bulunur.

Şekil 1'de gösterildiği gibi, herhangi k . hidrolik birimin

reservuarındaki su hacmi sınırlara vurmuş ise, $A_{k,j}$,

$j = 1, \dots, j_{i,y}$ terimlerinin mutlak olarak maksimum ve

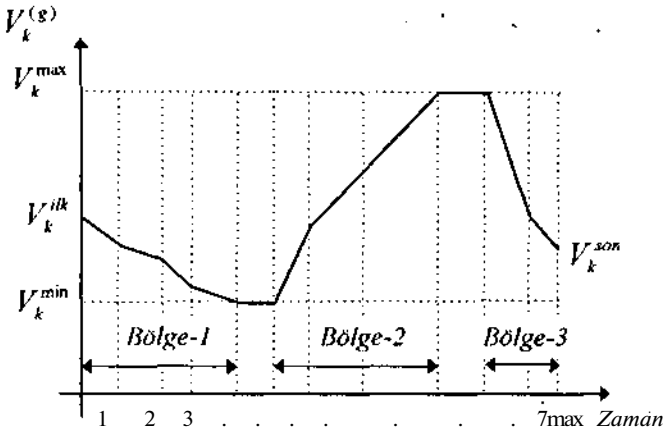
minimum değerli katsayıları bu birime ait rezervuar

kısıtları ihlal edilmeyecek şekilde seçilmek zorundadır. Bunun için :

i) mutlak olarak maksimum ve minimum olan katsayılar aynı bölgeden (ya bölge-1 ya bölge-2 yada bölge-3'den) seçilmelidir. Böylece seçilen bölgede akıtılan net su miktarı sıfır olduğundan, rezervuar kısıtlarına vurmaktan kurtulmuş olacaktır.

ii) Eğer farklı bölgelerden mutlak olarak maksimum ve minimum değerli katsayılar seçilecekse, bu katsayıların seçiminde rezervuar kısıtlarına artık ulaşılmayacak şekilde bir seçim yapılmalıdır. Ömögün bölge-1'de akıtılan

suyu azaltacak, bölge-2'de ise akıtılan suyu arttıracak şekilde bir seçim yapılmalıdır [1].



ŞEKİL 1: b. hidrolik birimin g. iterasyon sonunda rezervuarındaki su hacminin değişimi.

Adım-3: AP^f ve Aq^f değerlerinin seçimi.

Adım-3.1: Eğer $AP_{S,y}$ teriminin katsayısı pozitif ise,

$AP_{S,y}^f < 0$ alınmalıdır ve

$$\left| \Delta P_{S,y}^{(g)} \right| = \alpha_s (P_{S,y}^{(g)} - P_{S,y}^{TMM}) \quad (16)$$

olarak seçilir. Eğer $AP_{S,y}$ teriminin katsayısı negatif ise,

$\Delta P_{S,y}^{(g)} > 0$ alınmalıdır ve

$$\Delta P_{S,y}^{(g)} = \alpha_s (P_{S,y}^{max} - P_{S,y}^{(g)}) \quad (17)$$

olarak seçilir. Burada $0 < \alpha_s \leq 1$ şeklinde olup çözüm noktasına yaklaştıkça 0? sayısı arttıkça) 1'e doğru giden bir katsayıdır.

Adım-3.2: Eğer $Aq_{H,kjk}$ teriminin katsayısı (mutlak

değer olarak büyük) negatif ise $Aq_{H,kjk}^f > 0$ ve

$Aq_{H,kjk}^f < 0$ olarak ve aşağıdaki şartları sağlayacak şekilde seçilmelidir.

$$\Delta q_{H,kjk}^{(g)} = \alpha_H (q_{H,k}^{max} - q_{H,kjk}^{(g)}), \quad 0 < \alpha_H \leq 1 \quad (18)$$

$$\left| \Delta q_{H,kjk}^{(g)} \right| = \left(\frac{t_{jk}}{t_{jk-1}} \right) \times \Delta q_{H,kjk}^{(g)} \quad (19)$$

$$\left| \Delta q_{H,kjk}^{(g)} \right| \leq (q_{H,kjk}^{(g)} - q_{H,k}^{min}) \quad (20)$$

Benzer şekilde, eğer $Aq_{S,ykjt}$ teriminin katsayısı pozitif

ise. $Aq_{S,ykjt}^f < 0$ ve $Aq_{S,ykjt}^f > 0$ olarak ve aşağıdaki

$$\left| \Delta q_{H,kjk}^{(g)} \right| = \alpha_H (q_{H,kjk}^{(g)} - q_{H,k}^{min}) \quad (21)$$

$$\Delta q_{H,kjk}^{(g)} = \left(\frac{t_{jk}}{t_{jk-1}} \right) \times \left| \Delta q_{H,kjk}^{(g)} \right| \quad (22)$$

$$\Delta q_{H,kjk}^{(g)} \leq (q_{H,k}^{max} - q_{H,kjk}^{(g)}) \quad (23)$$

Aynı zamanda seçilen $\Delta q_{H,kjk}^{(g)}$ ve $\Delta q_{H,kjk}^{(g)}$ değerleri yardımıyla bulunan

$$q_{H,kjk}^{(g+1)} = q_{H,kjk}^{(g)} + \Delta q_{H,kjk}^{(g)} \quad (24)$$

$$q_{H,kjk-1}^{(g+1)} = q_{H,kjk-1}^{(g)} + \Delta q_{H,kjk-1}^{(g)} \quad (25)$$

$9/f^f$ ve $^f/f^f$ değerleri aşağıda verilen rezervuar kısıtlarını sağlamalıdır.

$$V_{kj+1}^{(g+1)} = V_{kj+1}^{(g)} + (r_{kj+1} - q_{H,kjk}^{(g+1)}) t_{jk} \quad (26)$$

$$V_{kj-1}^{(g+1)} = V_{kj-1}^{(g)} + (r_{kj-1} - q_{H,kjk-1}^{(g+1)}) t_{jk} \quad (27)$$

$$y_k^{min} = \int_{kj+1}^{(g+1)}, \int_{kj-1}^{(g+1)} < j/k^{max} \quad (28)$$

Adım 3-3: Eğer ele alınan k. hidrolik birimden sonra bu hidrolik birime seri olarak bağlı (aynı akarsu üzerinde)

bir başka hidrolik birim varsa, seçilen $A\ddot{Q}_{H,kj}^{(s)}$, $Aq_{H,kj}^{(s)}$

değerleri ile bulunan ve denklem (24) ve (25) ile verilen V^{kil} ve $9/f^f$ değerleri aşağıdaki koşulları sağlamalıdır.

$$q_{jk} - V_{q_{jk-1}} + (q_{H,kjk}^{(g+1)} - q_{H,q_{jk}}^{(g)}) t_{jk} \quad (29)$$

$$V_{q_{jk-1}}^{(g+1)} = V_{q_{jk-1}}^{(g)} + (q_{H,kjk-1}^{(g+1)} - q_{H,q_{jk-1}}^{(g)}) t_{jk} \quad (30)$$

$$V_c^{min} \leq V_{q_{jk-1}}^{(g+1)}, \int_{q_{jk-1}}^{(g+1)} < j/k^{max} \quad (31)$$

Yukarıdaki denklemlerde c indisi A. birime hidrolik olarak seri bağlı diğer bir hidrolik birimin numarasını göstermektedir $1 \leq c \leq n$. (30) ve (31) denklemlerinde A. hidrolik birimden salınan suyun c. hidrolik birimin rezervuarına ulaşması için geçen süre ihmal edilmektedir.

Adım-4: 3. Adımda bulunan AP^f değişimleri ile 2.

adımda bulunan bu değişimlere ait katsayılar çarpılır ve bu çarpımların mutlak değeri hesaplanır. Benzer şekilde 3.

Adımda bulunan $A\ddot{Q}^{(s)}$ $A\ddot{Q}^{(s)}$ değişimleri ile 2.

adımda bulunan katsayıları çarpılır daha sonra bunların aralarındaki farkın mutlak değeri hesaplanır. Elde edilen $n \times j_{mm}$ tane terim birimlere ait değişim içerisinden mutlak olarak en büyüğü seçilir. Bu terim

A 'saj büyüklüğünü içeren terim olsun. Yine elde edilen

m tane hidrolik birime ait değişim farkları içerisinden mutlak olarak en büyüğü seçilir. Bu fark terimi $A\check{c}^f$ ve

$Aq_{nb,y}$ büyüklüklerini içersin. Sonuçta bu iki terim

içinden mutlak olarak en büyüğü (en fazla azalma sağlayanı) seçilir. Eğer toplam maliyette en fazla azalmayı tespit edilen terim sağlıyorsa, yeni değeri

$$P_{S,a_j}^{(g+1)} = P_{S,a_j}^{(g)} + \Delta P_{S,a_j}^{(g)} \quad (32)$$

denkleminde, eğer toplam maliyette en fazla azalmayı tespit edilen hidrolik birim sağlıyorsa, yeni değerler (24) ve (25) denkleminde bulunmaktadır. Hidrolik birime ait

$q_{H,b} = 97$. (>//,fc)9iriŞ-ÇikŞ eğrisi yardımıyla çıkış gücünün yeni değerleri $\{P^A, Pf_{y,b}\}$ hesaplanabilir.

Eğer termik birimin değeri değiştirilmiş ise, sadece $/_a$ zaman aralığında yeni $\wedge \wedge_{y_a}^{(1)}$ değeri kullanılarak bir yük akışı yapılır ve $P^A, /_a \wedge \wedge_{y_a}^{(1)}$ değerleri hesaplanır. Eğer hidrolik birimin değeri değiştirilmiş ise, j_{hi} ve $/_{a-}$ zaman aralıklarında yeni $P_{H,b}^{(g+1)}$ ve $P_{S,y}^{(g+1)}$ değerleri kullanılarak yük akışı analizleri yapılır.

$P_{S,y}^{(g+1)}$ ve $P_{H,b}^{(g+1)}$ değerleri hesaplanır. b . hidrolik birimin (eğer bu birime seri şekilde hidrolik olarak bağlı bir hidrolik birim varsa, bu birimin de) tüm zaman aralıkları sonundaki yeni su hacim değerleri hesaplanır.

Adım-5: Eğer $(f_j^{(s)} - /_a^{(A)}) < TOL$ ise, iterasyon işlemine son verilir. Çözüm elde edilmiştir. Eğer söz konusu durma kriteri sağlanmıyorsa, $g = g + 1$ alınarak adım-2'ye gidilir.

3. HAT TAŞIMA KISITLARININ GÖZÖNÜNE ALINMASI

Yukarıda verilen çözüm tekniğine göre elde edilen optimal çözüm noktasında herhangi j . zaman aralığında sistemdeki C hattın iletilen güç ($TP_{t,j}$) bu hattın maksimum taşıma kapasitesini ($TP_{t,max}$) aşmış ise, bu hattın iletilen güç kapasite değerine veya bu değer altına sistemdeki termik birimlerin çıkış güçleri değiştirilerek çekilir. Bu işlem öyle yapılmaktadır ki sistemde bulunan diğer iletim hatlarından iletilen güçler maksimum değerlerini aşmaz, çıkış gücü değiştirilen termik birimlerin çıkış güçleri üretim sınırları arasında kalır ve termik birimlerin çıkış güderinde yapılan değişimlerin toplamı minimum olur. Maksimum taşıma kapasitesini aşmış iletim hattının ilettiği gücün sınırına veya altına çekilmesi, gözönüne alınan sistemin DC yük akışı denklemlerinden (lineer model) elde edilen üretim kaydırma faktörleri, $s_{i,y}$ kullanılarak elde edilen bir lineer optimisasyon modelinin çözülmesiyle yapılmaktadır. $s_{i,y}$ üretim kaydırma faktörü j . zaman aralığında L hat ile I . termik birim arasındaki üretim kaydırma faktörünü göstermektedir. Sözü edilen lineer optimisasyon modeli aşağıdaki şekilde verilmektedir [1].

Maliyet fonksiyonu:

$$\pm K_j (AP_{t,j} - AP_{S,y}) \quad (33)$$

$i=ref,1$

Üretim kaydırma eşitlik kısıtı

$$\sum_{i=ref,1}^n (\Delta P_{S,y}^{(i)} - \Delta P_{S,y}^{(i)}) = 0 \quad (34)$$

hattan İletilen güç kısıtı

$$\sum_{i=ref,1}^n \sum_{j=ref,1}^n (\Delta P_{S,y}^{(i)} - \Delta P_{S,y}^{(i)}) \leq TP_{t,max} - TP_{t,j} \quad (35)$$

Üretim kaydırma kısıtlan:

$$0 \leq A/y_{y,y} \leq p_{S,y}^{TM} r - P_{S,y,j}$$

$$0 \leq A/V_{y,y} \leq /_{y,y}^{TM} \quad i = ref, \dots, n \quad (36)$$

(33) denklemi minimize edilecek maliyet fonksiyonunu göstermektedir. Bu denklemde $A/y_{y,y}$ ve $A/V_{y,y}$ terimleri $/_a$ zaman aralığındaki $/_a$ termik birimde artış ve azalış yönündeki değişiklikleri göstermektedir. K_j ise serbestçe seçilen sabit katsayıları göstermektedir.

Çözüm noktası bulunduğundan sonra taşıma kapasitelerinin geçmiş olan hatlar tespit edilir ve bunlara ait olan uygun kısıt denklemleri (35) denklemine ilave edilir. Daha sonra lineer model çözülerek yeni termik birim çıkış güçleri elde edilir. Bulunan yeni termik güçlerle bir AC yük akışı yapılır. Eğer yeni elde edilen yük akışı sonucu kapasitesini aşmış ilave iletim hatları varsa, bunlara ait kısıtlar lineer modele katılır ve elde edilen lineer model çözülür. Arkasından yeni elde edilen termik birim çıkış güçleri ile AC yük akışı yapılır. Anlatılan bu işlem AC yük akışı sonucu iletim kapasitesini aşmış hiçbir iletim hattı olmayana kadar devam edilir.

Görüldüğü gibi kapasitesini aşmış iletim hatlarının iletimlerini sınırlarına veya sınırların altına çekmek için sadece sistemdeki termik birimlerin çıkış güçleri değiştirilmektedir. Bunun nedeni elde edilen yeni çözümün hidrolik kısıtları ihlal etmemesidir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu makalede referans bara penaltı faktörleri kullanılarak kayıplı bir enerji sisteminde kısa dönem hidrotermal koordinasyon problemi olası elektrik ve hidrolik kısıtlar altında çözülmüştür. Hat taşıma kısıtlarının gözönüne alınması üretim kaydırma faktörleri yardımıyla yapılmıştır. Çözüm tekniğinde birbirine hidrolik olarak seri bağlı olan hidrolik birimler de gözönüne alınabilmektedir.

Verilen çözüm tekniğine ait simülasyon programı PASCAL dilinde yazılmış ve çeşitli enerji sistemlerinde denenmiştir. Makalenin sunumu esnasında, çözüm yönteminin örnek bir sisteme uygulanması sonucunda elde edilen sonuçlar verilecektir¹.

Kaynakça

(1) A J. Wood, B. F. Wollenberg, *Power Generation, Operation & Control*, John Wiley & Sons, 1988

¹ Bildiri için ayrılan yemin dört sayfa ile kısıtlı olması nedeniyle sonuçlar burada verilememektedir.

KOPMA ARIZASI KORUMA RÖLESİ

Salih FADIL
Osmangazi Üniversitesi M.M.F.
Elektrik-Elektronik Bölümü
Batı Meşelik, ESKİŞEHİR
E-Mail: sfadil@ogu.edu.tr

Ahmet SÜZME
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon M YO, AFYON

ABSTRACT

In the proposed protection system, secondary main feeders and secondary laterals are protected against open line faults in radial secondary systems in a distribution system. The designed protection system consists of two main parts that are the transmitter and receiver units. The receiver units are located at the beginning of secondary mains where the distribution transformer resides. The transmitter units are located at the ends of secondary mains and laterals. When there is an open line fault in a secondary main or secondary lateral, the transmitter unit detects this fault and put a high frequency signal to the line. The receiver unit detects this high frequency signal and cuts the corresponding radial primary secondary main's energy via a circuit breaker. Some protection schemes for lines can be found in [2].

2. SİSTEMİN GENEL YAPISI

Sistem verici ve alıcı olmak üzere iki ana birimden oluşmaktadır. Verici; *besleme kaynağı, hata algılama sistemi, faz kilitleme döngü ve kuplaj devresi* olmak üzere dört ana bölümden oluşur. Alıcı ünitesi ise *besleme kaynağı, kuplaj devresi, önkuvvetlendirici, voltaj kontrollü osilatör ve faz karşılaştırma* olmak üzere dört bölümden oluşur.

2.1 VERİCİ ÜNİTE

Verici üniteler ikincil besleme ve ikincil yan besleme hatlarının sonlarına yerleştirilmektedir. Bu ünitenin görevi hat kopma arızasını algılamak ve daha sonra da alıcıya hata uyarım sinyalini göndermektir. Verici üniteye ait devre şeması ekler bölümünde Şekil 1'de verilmiştir. Anlatımda sözü edilen devre kısımları ve elemanları Şekil 1'de verilmiştir. Aşağıda verici üniteye ait ana bölümler açıklanmaktadır.

2.1.1 Besleme Kaynağı

Vericinin çalışması için gerekli olan gerilim L1, L2 ve L3 transformatörleriyle sağlanmaktadır. Bu transformatörlerin primerleri ve sekonderleri yıldız şeklinde bağlıdır ve primerin yıldız noktası nötr ile irtibatlıdır. Böylece şebekede sadece bir faz olsa bile vericinin çalışması için gerekli olan gerilim sağlanmış olur. Sekonderden alınan gerilim D1 - D6 diyotlarıyla

oluşturulan üç fazlı tam dalga doğrultucu ile doğrultularak C1 kondansatörü ile filtre edilir. C1 kondansatörünün dolma gerilimi transformatöre bir, iki ve üç faz uygulandığında değişeceğinden, besleme geriliminin regüle edilmesi gereklidir. Regülasyon işlemi için VR1 MC7809 (9 volt) gerilim regülatörü kullanılmıştır [1]. VR1 gerilim regülatörünün regülasyon gerilimi C1 kondansatörünün dolma gerilim aralığından daha küçüktür. Böylece transformatöre sadece bir faz uygulandığında bile vericinin çalışması için gerekli olan sabit değerli gerilim sağlanmış olur. Bu gerilim hata algılama sisteminin kumanda ettiği bir röleye iletilir.

2.1.2 Hata Algılama Sistemi

Hata algılama sisteminin görevi, fazlardan birinin yada birkaçının kopmasından, fazlar yada faz ve nötr arasında meydana gelen kısa devre, erden ve dengesiz yüklenme sonucu meydana gelen hataların algılanmasıdır.

Hata algılama sistemi için birbiri ile yıldız şeklinde bağlanmış üç adet 500 k Ω değerinde direnç kullanılmaktadır. Bu dirençlerin yıldız noktalarındaki gerilim, devreye üç faz tabii edildiğinde toprak potansiyelinde, bir yada iki faz uygulandığında ise toprak potansiyelinin üzerindedir. Yıldız noktasındaki gerilim, fazların yada faz ve nötrün birbirlerine eşit olmadığı durumlarda da toprak potansiyelinin üzerine çıkar. Bu gerilim hata algılama işlemi için kullanılır. Yıldız noktasından alınan gerilim D8, D9, D10 ve D11 diyotlarıyla tam dalga doğrultularak R5 ön direnciyle birlikte T2 transistörünün bazına uygulanır. C6 ve C7 kondansatörleri baz akımını filtre etmek, R7 direnci de giriş empedansını sınırlamak amacıyla T2'nin bazı ile şase arasına irtibatlıdır. Burada T2 ve T3 transistörleri açık kollektörlü bir tersleyici kapı görevini üstlenmişlerdir. Kapının kollektör yükü, DR012 rölesidir. D7 diyotu rölenin meydana getirdiği gerilim sıçramalarının T3 transistörüne zarar vermesini önler. Hatta herhangi bir hata söz konusu değilse dirençlerin yıldız noktası toprak potansiyelinde olacağından tersleyici kapının girişi lojik 0, çıkışı ise lojik 1 dir. Bu durumda DR012 rölesi enerjilenerek kontaklarının durum değiştirmesini sağlar. Herhangi bir hata durumunda ise, dirençlerin yıldız noktasındaki gerilim toprak potansiyelinin üzerine çıkacağından

tersleyici kapının girişi lojik 1 durumuna yükselir. Kapı bunu tersler ve çıkış lojik 0 olur böylece DR012 rölesi enerjisiz kalarak kontakları durum değiştirir. Tersleyici kapı ve röle için gerekli olan gerilim L5 transformatörüyle sağlanır; D12, D13, D14 ve D15 diyotlarıyla doğrultulur ve C6 kondansatörüyle filtre edilir.

2.1.3 Faz Kilitlemeli Döngü

Faz kilitlemeli döngü, korunan hatta hata tespit edildikten sonra hatta yüklenen, yüksek frekanslı sinyali üretmek için kullanılır. Faz kilitlemeli döngü olarak TC4046 entegre devresi kullanılmaktadır [1], Entegre devrenin onaltıncı besleme, onbeşinci regülasyon ve dokuzuncu VCO giriş bacakları R1 akım sınırlayıcı direnci üzerinden hata algılama sisteminin kumanda ettiği DR012 rölesinin kontaklarına irtibatlıdır. Sekizinci GND ve beşinci inhibit bacakları ise şase potansiyelindedir. Ayrıca dördüncü VCO çıkış bacağı, üçüncü faz karşılaştırıcı girişiyle irtibatlıdır. Frekansı belirleyen C2 kondansatörü altı ve yedinci harici kondansatör bacaklarına, R2 öndirenciyle birlikte P1 potansiyometresi de onbirinci harici direnci bacağına bağlıdır. Hata algılama sisteminin entegre devreye enerji vermesiyle birlikte onaltıncı besleme bacağından enerji alan entegre devrenin içindeki voltaj kontrollü osilatör saat darbeleri üretmeye başlar. Üretilen saat darbelerinin frekansı P1 potansiyometresiyle kontrol edilir. Üretilen bu saat darbeleri dördüncü bacadan alınır.

Voltaj kontrollü osilatörün ürettiği sinyaller doğrudan doğruya hatta yüklenemez. Sinyallerin muhakkak şebekeden yalıtılması gereklidir. Bu işlem için L4 troidal transformatörü kullanılır. Voltaj kontrollü osilatörün çıkış akımı böyle bir transformatörü sürmek için yeterli değildir. Gerekli olan akım kazancı T1 transistörüyle sağlanır. T1 transistörünün bazı R3 direnciyle birlikte voltaj kontrollü osilatörün çıkışına uygulanır. C3 kondansatörü transformatörün oluşturduğu gerilim sıçramalarını önler. R4 direnci ise T1 transistörünün hem emiter akımını sınırlar hemde doğru akım kararlılığını artırır. R4 direncine paralel bağlanan C4 by pass kondansatörü ise transistörün kuvvetlendirdiği alternatif akım sinyallerinin R4 direnci ile sınırlanmadan şaseye akmasını sağlar.

2.1.4 Kuplaj Devresi

Troidal transformatörün sekonderinden alınan yüksek frekanslı sinyaller C8, C9 ve C10 kondansatörleriyle şebekeye küple edilir. Bu kondansatörlerin 50 Hz frekansındaki şebeke sinyaline gösterdiği kapasitif empedans yaklaşık olarak 32 kQ, transformatörden alınan yüksek frekanslı sinyallere gösterdiği kapasitif empedans ise 100 kHz'lik sinyal için 16 ohm kadardır.

2.2 ALICI ÜNİTE

Alıcı üniteler ikincil besleme hatlamın başına yani dağıtım trafolarının olduğu yerlere tesis edilmiştir. Bu ünitenin görevi verici ünitenin gönderdiği yüksek frekanslı hata sinyalini algılamak ve sözkonusu hatta ait güç anahtarına kumanda eden röleye açma sinyalini göndermektir. Alıcı üniteye ait devre şeması ekler bölümünde Şekil 2'de verilmiştir. Anlatımda sözü edilen devre kısımları ve elemanları Şekil 2'de verilmiştir. Aşağıda alıcı üniteye ait ana bölümler açıklanmaktadır.

2.2.1 Besleme Kaynağı

Alıcı dağıtım trafosunun olduğu yerde çalışacağından bir fazlı transformatörle beslenmesi yeterlidir. L1 transformatörünün çıkışı D1 ve D2 diyotlarıyla tam dalga doğrultularak C1 kondansatörüyle filtre edilir. C2 kondansatörü ise desleme gerilimi üzerindeki yüksek frekanslı parazitleri azaltır. Alıcının besleme geriliminin değişme olasılığı olmadığından TC4046 PLL entegre devresinin beslenmesi için bir gerilim regülatörüne ihtiyaç yoktur. Gerekli gerilim regülasyonu entegre devrenin içindeki zener diyotla rahatça sağlanabilir. Gerilim R1 akım sınırlayıcı direnç üzerinden entegre devrenin onbeşinci regülasyon ve onaltıncı besleme girişine uygulanır. Sekizinci GND dacağı şase potansiyelindedir.

2.2.2 Kuplaj devresi

220 Volt 50 Hz taşıyıcı şebeke gerilimi üzerinden alıcıya ulaşan saat darbeleri C6, C7 ve C8 kuplaj kondansatörleriyle büyük ölçüde birbirinden ayrıştırılır. C6, C7 ve C8 kondansatörlerinin 50 Hz'lik taşıyıcı sinyale gösterdiği kapasitif reaktans yaklaşık 32 kQ ve vericinin gönderdiği yüksek frekanslı saat darbelerine (100 kHz) gösterdiği kapasitif reaktans ise yaklaşık 16 ohm kadardır. Böylece 50 Hz'lik şebeke gerilimi büyük ölçüde zayıflatılmış olur. Ayrıca alıcının şebekeden yalıtılmasını sağlayan ferromanyetik nüveli troidal transformatörün 50 Hz'lik şebeke frekansına gösterdiği indüktif reaktans çok küçük olduğundan C4, C5 ve C6 kondansatöründen gelen zayıflatılmış şebeke sinyalleri troidal transformatörün primerinde neredeyse tamamen yokedilir.

2.2.3 Önkuvetlendirici

Alıcıyı şebekeden yalıtın troidal transformatörün sekonderi, primerinden altı kat daha fazla sarım sayısına sahiptir. Böylece genliği yaklaşık 100 mV olan yüksek frekanslı sinyallerinin genliği 600 mV'ta yükseltmiş olur. Fakat bu genlik faz karşılaştırıcı için hala çok küçüktür. Genliği yeterli bir seviyeye getirmek için gerekli gerilim kazancı T1 transistörüyle sağlanır. T1 transistörü burada klasik bir B tipi kuvvetlendirici olarak çalışır. C10 kondansatörü ve D4 diyotu troidal transformatörün sekonderinde oluşabilecek gerilim sıçramalarından T1 transistörünü korur.

2.2.4 Voltaj Kontrollü Osilatör (VCO) ve Faz Karşılaştırıcı

Faz karşılaştırıcı için VCO'nun sabit frekanslı saat darbeleri üretmesi gereklidir. VCO'nun frekansını belirleyen C11 kondansatörü entegre devrenin altıncı ve yedinci harici kondansatör bacaklarına, R2 direnci entegre devrenin onbirinci harici direnci bacağı ile şase arasına, R4 öndirenci ile birlikte P1 trimpotu entegre devrenin onikinci harici direnç2 bacağı ile şase arasına irtibatlanır. Ayrıca beşinci inhibit bacağı da şase potansiyelindedir. VCO'nun sabit frekanslı saat darbeleri üretebilmesi için entegre devrenin dördüncü VCO çıkış ve üçüncü faz karşılaştırma girişi bacakları birbirine irtibatlıdır. Onüçüncü faz karşılaştırıcı2, bacağı R3 sınırlayıcı direnci ile dokuzuncu VCO giriş bacağına irtibatlıdır. Böylece faz karşılaştırıcı2, VCO giriş gerilimini sağlamış olur. Dokuzuncu VCO giriş bacağı ile şase arasına irtibatlanan C5 kondansatörü VCO giriş gerilimindeki dalgalanmaları en aza indirir. Entegre devreye gerilim uygulanır uygulanmaz VCO, VCO merkez frekansından küçük fakat gittikçe VCO merkez frekansına yükselen saat darbeleri üretir. Üretilen saat darbeleri VCO merkez frekansına ulaştığında döngü kilitleyerek VCO'nun sabit frekanslı saat darbeleri üretmesi sağlanır. Böylece faz karşılaştırıcının vericiden gelen saat darbeleriyle karşılaştırması için gerekli saat darbeleri üretilmiş olur.

T1 transistörüyle genliği yükseltelen sinyaller C3 kondansatörü aracılığıyla entegre devrenin ondördüncü sinyal girişi bacağına iletilir. Eğer sinyal girişi bacağına tatbik edilen sinyalle VCO'nun ürettiği saat darbelerinin frekansı aynı ise, faz karşılaştırıcı2 entegre devrenin birinci faz karşılaştırma bacağına bir doğru akım sinyali gönderir.

CMOS bir entegre devre olan TC4046 bir röleyi doğrudan süremeyeceğinden gerekli akım kazancı T2 transistörüyle sağlanır. Burada RS direnci T2 transistörünün baz akımını sınırlar, C12 kondansatörü de filtre eder. Röleye akım sınırlayıcı R8 direnci ile paralel bağlanan LED, röle enerjilendiğinde ışık yayar. T2 transistörünün kumanda ettiği rölenin kontakları direkt olarak trafo merkezindeki kontrol ve ihbar röle kombinasyonuna yada yardımcı bir röle ile doğrudan doğruya kesiciye irtibatlanabilir.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç:

- Koruma sistemine ait prototip ile gerek laboratuarda gerekse kampus alanındaki bir dağıtım kolunda yapılan denemelerde olumlu sonuç elde edilmiştir. -
- Koruma sistemine ait prototipinin maliyetinin ucuz olması ve uygun bir dizaynla çok küçük hacimde imal edilebilecek olması önemli bir avantaj olarak gözükmektedir.

- Koruma sistemi hiç bir değişiklik yapılmadan yeraltı kablosu ile yapılan dağıtımda da kullanılabilir.
- Koruma sistemi prototipi nötr kopmalarında bu haliyle koruma yapamaz

Öneriler:

Koruma sisteminin dağıtım kollarındaki en kötü şartlara cevap verebilecek etkin bir koruma sağlayabilmesi için aşağıdaki hususlar önerilebilir.

- Vericinin çıkış gücü, sinyal genliği, dalga formu ve frekansı, şebekedeki yükleri etkilemeyecek ve şebekedeki yüklerden etkilenmeyecek değerlerde seçilmelidir.
- Alıcının girişinde sabit kazançlı bir B tipi önkuvvetlendirici kullanılmaktadır. Çok uzun hatlarda, alıcının hassasiyetini artırmak için otomatik kazanç kontrollü bir önkuvvetlendirici kullanılması gerekmektedir.
- Olası hatalı çalışmaları önlemek için alıcının girişine, sadece vericinin gönderdiği sinyalleri geçiren bir filtre eklenmesi yerinde olacaktır.
- Nötr hattı kopmalarında koruma sağlayabilmek için toprağı kontrol devresi için kullanmak mümkün olabilir. Bu durum bir araştırma konusudur.

KAYNAKÇA

[1] Merlin Gerin, *Grup Schneider Genel Katalog*, 1993

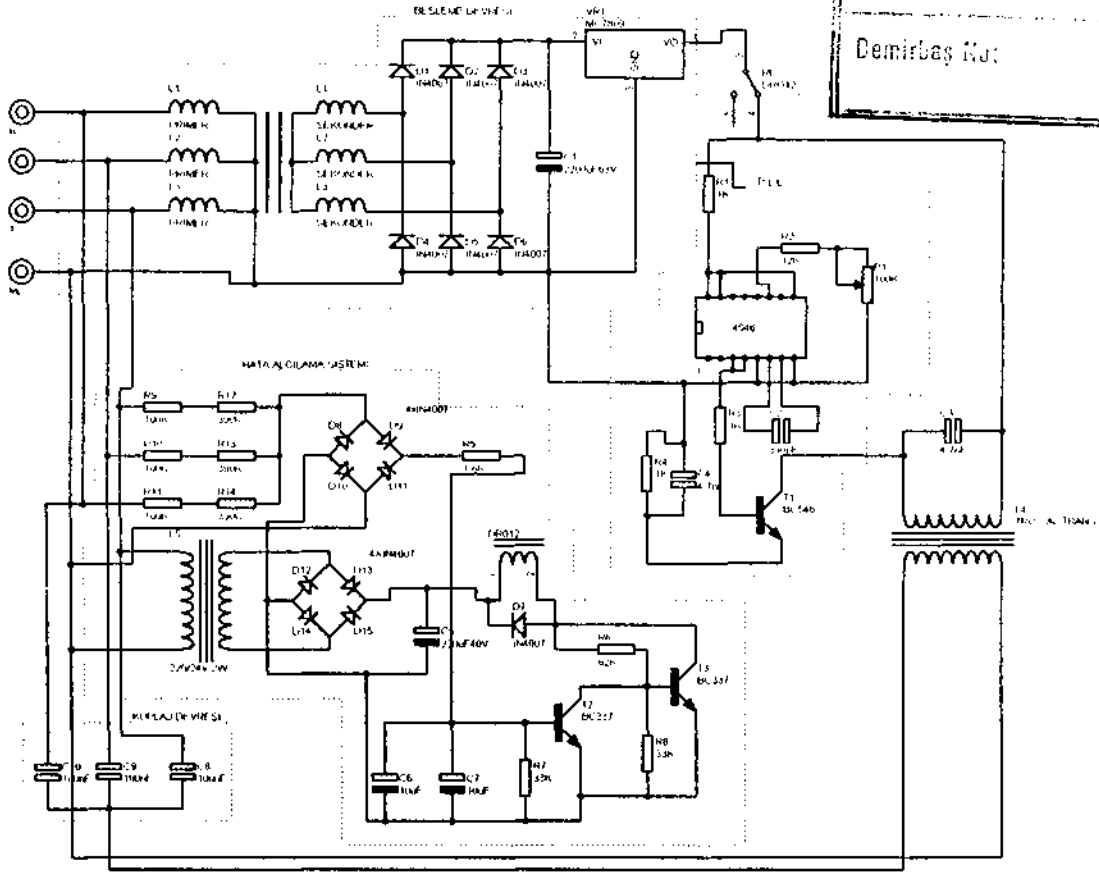
[2] J. Lewis Blackbum, *Protective Relaying*, Marcel

Dekker Inc. New York, 1987

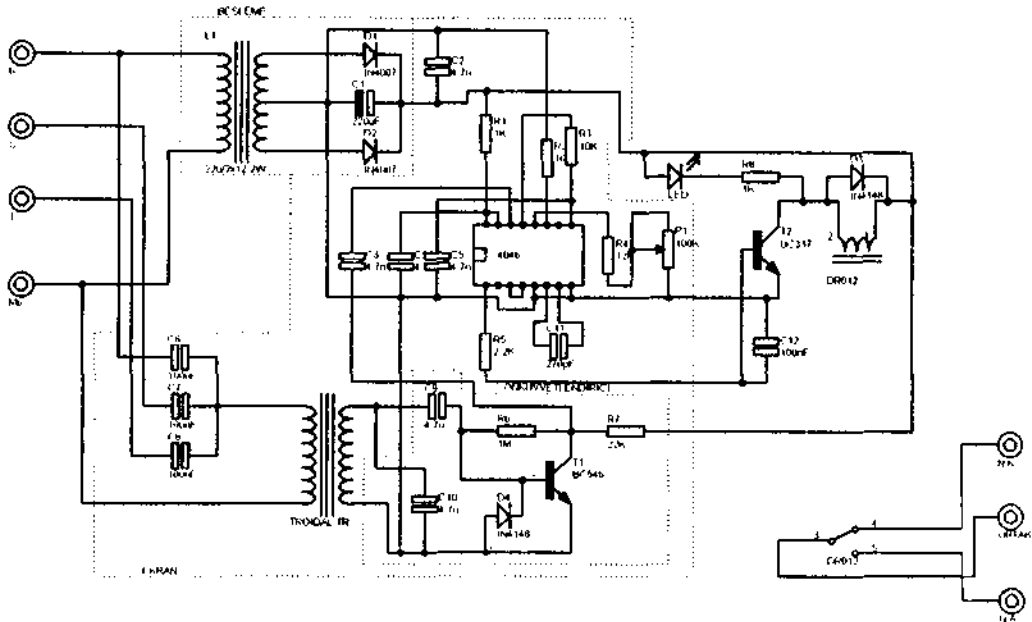
EKLER

T.F.M.O.B.
ELEKTRİK, ELEKTRONİK, BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ
ALTYAPU VE İNŞAAT BÖLÜMÜ

Demirbaş No:



ŞEKİL. 1: Verici Ünite



ŞEKİL. 2: Alıcı Ünite

DİJİTAL KORUMA RÖLESİ TASARIMI ve TEST EDİLMESİ

Ömer USTA*

Mehmet BAYRAK**

Elif AYGEN*

*İ.T.Ü. Elektrik - Elektronik Fakültesi 80626 Maslak/İSTANBUL
Sakarya Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği SAKARYA

ABSTRACT

The use of digital technology for power system relaying was first introduced in early 1970's. Since this time, microprocessor based relays have commercially available. These relays are software controlled, therefore it is possible to design a general purpose relay hardware that can be utilized to build microprocessor or DSP based relays for different protection functions. This paper describes the design and testing of a general purpose digital protective relay. A power based protection algorithm has been implemented in this relay and tested under different power system operating conditions.

1. GİRİŞ

Dijital bilgisayarların elektrik güç sistemlerinin korunmasında kullanılması düşüncesi ilk kez 1969 yılında ortaya atılmıştır[1,2]. Bu alanda 70' li yıllarda başlatılan araştırmalar halen günümüzde de devam etmekte olup, bir çok yeni dijital kuruma algoritmasının geliştirilmesine ve bu algoritmaları içeren dijital rölelerin üretilmesine yol açmıştır[1,2,,9]. Artık günümüzde dijital koruma röleleri elektrik güç sistemlerinin korunmasında kullanılmaya başlanmış olan elektromekanik rölelerin yerini almaktadır. Elektromekanik koruma röleleri ile karşılaştırıldıklarında bir çok avantaja sahip olan dijital (Mikroişlemcili veya DSP işlemlili) koruma rölelerinin üstünlükleri; yüksek hız, daha iyi performans, güvenilirlik, esneklik, kompakt boyut, ekonomiklik ve kolay bakım olarak sıralanabilir.

2. DİJİTAL KORUMA RÖLESİ DONANIMI

Elektrik güç sistemlerinin korunmasında kullanılan dijital röleler yazılım kontrollü olup, donanımları genel olarak aşağıdaki kısımlardan meydana gelirler [4,5,6,7,8].

- Yalıtım ve Analog Ölçeklendirme Ünitesi.
- Veri Toplama Ünitesi.
- Mikroişlemci veya DSP İşlemci Ünitesi.

Yalıtım ve Analog Ölçeklendirme Ünitesi; röle ile elektrik güç sistemi arasında yalıtımı sağlamak ve elektrik güç sisteminden alınan akım ve gerilim işaretlerini Veri Toplama Sisteminin kabul edebileceği bir seviyeye düşürmek için kullanılmak üzere

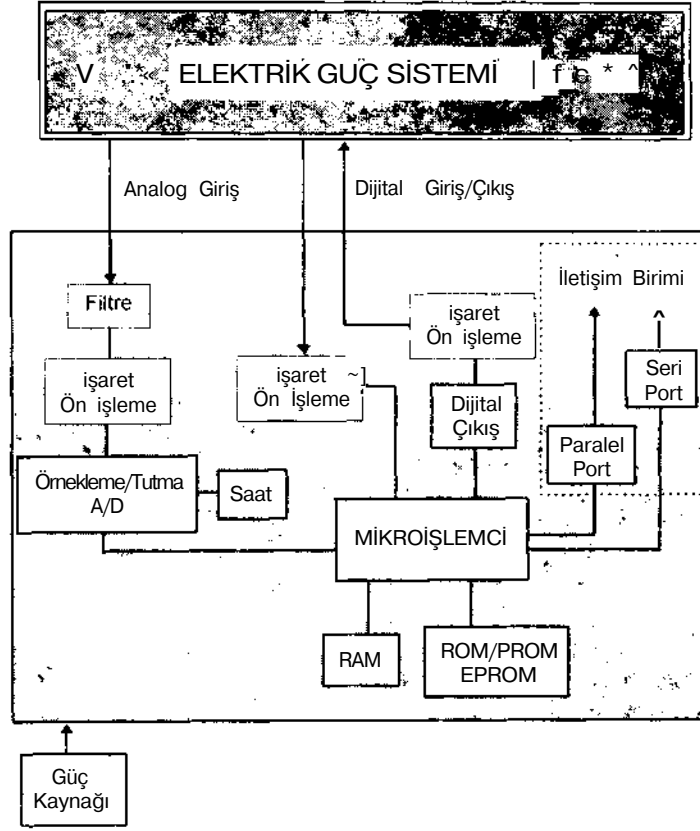
tasarlanır. Ayrıca, Analog Dijital (A/D) dönüştürücüler sadece gerilim işareti kabul ettiklerinden, analog ölçeklendirme sisteminin akım işaretlerini eş-değer gerilim işaretlerine dönüştürmesi gerekmektedir.

Veri Toplama Ünitesi; analog filtre, örnekleme/tutma devresi, çoklayıcı ve A/D dönüştürücü alt-ünitelerinden meydana gelir ve analog ölçeklendirme ünitesinden alınan analog gerilim işaretlerini filtre ettikten sonra dijital işaretlere dönüştürerek mikroişlemci/DSP işlemci üniteye aktarır. Burada kullanılan alçak geçiren filtreler 'aliasing'i önlemek ve güç sistemi frekansı dışındaki işaretleri süzmek için kullanılır. Dijital koruma rölesi algoritmalarının tasarımı genelde işaretin temel bileşeni üzerine yapıldığı için, filtrenin karakteristiği doğrudan rölenin performansını etkiler.

A/D dönüştürücünün kelime uzunluğu ve hızı da röle algoritmasına göre ayrı bir önem taşır. Dijital rölelerin genelinde örnekleme frekansı çok yüksek olmadığı için, gereken hızlarda A/D dönüştürücü bulmak sorun olmamaktadır. Ancak, A/D dönüştürücünün kelime uzunluğu rölenin işaretlerdeki değişimleri algılamasında doğrudan etkili olduğu için, düşük kelime uzunluğu rölenin hassasiyetini azaltır. Günümüzde dijital röle donanımlarında 12-bit veya 16-bitlik A/D dönüştürücüler kullanılması optimum çözüm olarak görülmektedir.

Mikroişlemci/DSP İşlemci Ünitesi ise; rölenin merkezi işlem birimini oluşturur ve röle yazılımına göre veri toplama işlemini kontrol eder. Ayrıca bu ünite, veri toplama sisteminden alınan dijital işaretleri koruma algoritmasının, temsil eden röle yazılımına göre işler. Bu rölenin elektrik güç sistemlerindeki normal ve anormal çalışma koşulları altındaki davranışını belirler. Günümüzde genel olarak 16-bitlik işlemciler optimum çözüm olarak görülürse, bunun dışına çıkmadığıda olmaktadır. Diğer yandan önceleri çeşitli tip mikroişlemciler kullanılırken son yıllarda DSP işlemciler de bu alanda kullanılmaya başlanmıştır.

Ayrıca dijital teknolojinin koruma rölesi tasarımında kullanılması yeni tasarlanmış koruma rölelerinin Veri İletişim Üniteleri içermelerini de mümkün kılmıştır[4,5]. Veri iletişim ünitesi yardımıyla bir dijital koruma rölesi karar vermeden önce, diğer dijital koruma röleleriyle, kontrol merkezleriyle ve sistem



Şekil 1. Genel Amaçlı bir Dijital Koruma Rölesi Donanımı

operatörleriyle bilgi alışverişinde bulunabilir. Günümüzde bu işlemi yerine getirebilmek için seri iletişim portları ve RS232 protokolü tercih edilmektedir.

3. DIGITAL KORUMA RÖLESİ YAZILIMI

Bir dijital koruma rölesinin yazılımı; 'Veri Toplama Yazılımı' ve 'Uygulama Yazılımı' diye iki kısımdan oluşacak biçimde tasarlanır[8]. Veri toplama yazılımı; rölenin veri toplama sistemini kontrol etmek için tasarlanan yazılımdır ve işlevi her röle için aynıdır. Uygulama yazılımı ise; dijital koruma algoritmasının kendisini oluşturan ve koruma rölesinin karakteristiğini belirleyen yazılımdır. Veri Toplama Ünitesinde bulunan analog filtrelerin harmoniklerin süzülmesinde yetersiz kaldığı ve algoritma çıkışının daha fazla lineerleştirilmesi gerektiği durumlarda, uygulama yazılımına ilave edilen bir parça yazılım ile dijital filtreleme yapılabilir.

Uygulama yazılımı farklı koruma fonksiyonlarını yerine getiren röleler için tamamen farklıdır. Genel amaçlı bir rölenin donanımı değiştirilmeden, sadece röle yazılımı değiştirilerek, aynı donanım farklı koruma

işlevlerini yerine getirmek için kullanılabilir. Röle yazılımında assembler programlama dili en ideal çözüm olmasına rağmen, günümüzde C programlama dili de bazı kullanım kolaylıklarından dolayı tercih edilmektedir.

4. BİLGİSAYAR SİMÜLASYONU ÇALIŞMALARI.

Koruma algoritmaları önce, Elektrik güç sistemleri için yazılan off-line simülasyon programları yardımıyla test edilebilirler[8]. Bu programların çalıştırılması ile elde edilen ve güç sistemlerinin çeşitli çalışma koşullarını temsil eden veriler röleye uygulanır. Bu yöntemle röle davranışları önceden kestirmeye çalışılır.

Yeni geliştirilen bir dijital koruma algoritması[6,7,8,10] sistem gerilimi ve frekansına dayandırılan koruma algoritmalarının yetersiz kaldığı, yerel elektrik santrallerini[9,10] enterkonnekte şebekede meydana gelen kontrol dışı anahtarlama olaylarının etkilerine karşı korumak için geliştirilmiştir. EMTP (Electromagnetic Transient Program) programı yardımıyla yapılan off-line bilgisayar simülasyonu çalışmaları, geliştirilen koruma algoritmasının yerel

generatörlerin enterkonnekte şebekeden kontrol dışı ayrılmalarını[8] ve enterkonnekte şebeke ile kontrol dışı bağlanmalarını[10] algıladığını göstermiştir. Şekil.2. ve .3 4.5 MW ve 11 kV lık bir yerel senkron generatörün elektrik güç sistemi ile paralel çalışması sırasında elde edilen verileri ve bu verilerin temsil ettiği çalışma koşulları altında koruma algoritmasının davranışı görülmektedir. Şekil.2 de 120 derece faz-farkı varken yerel generatör kontrolsüz bir anahtarlama sonucu şebeke ile yeniden bağlanıyor. Şekil.3 de ise. yerel generatör kontrolsüz bir anahtarlama sonucu ana şebekeden ayrılıyor. Her iki durumda röle anahtarlama olmadan hemen sonra olayı fark ederek generatörün ana şebekeden ayrılmasını sağlıyor.

5. RÖLENİN GERÇEK-ZAMAN TESTİ

Dijital koruma algoritması[6,8] gerçek-zaman test için Assembler programlama dilinde yazılıp genel amaçlı röle donanımına yüklenmiştir. Daha sonra rölenin, laboratuvarında bulunan ve elektrik şebekesine paralel çalışan iki senkron generatör ile yüklerden oluşan bir Model Elektrik Güç Sistemi yardımıyla gerçek-zaman testi yapılmıştır. Test sonuçları Şekil.4. ve 5 de görülmektedir. Gerek faz farkı ile kapamadan ve gerekse şebekeden ayrılma durumlarında röle minimum bir maksimum altı periyotda olayı fark ederek açma işareti vermektedir.

Bilgisayar simülasyonu ve gerçek zaman test sonuçlarına göre dijital rölenin:

-Yerel generatörler (Yerel Elektrik Santrali) elektrik şebekesi ile paralel çalışırken yük değişmelerine yol açan normal anahtarlama olaylarına cevap vermediği ve kararlı kaldığı,

-Yerel Elektrik Santralinin her hangi bir yerden, her hangi bir anda ve her hangi bir nedenle elektrik şebekesinden kontrol dışı ayrılmasına (Islanding - Güç Adası oluşması) yol açan anahtarlama olaylarını algıladığı ve açma işareti verdiği,

-Yerel Elektrik Santralinin elektrik şebekesinden bağımsız çalışması esnasında faz farkı varken şebeke ile yeniden bağlanmasına yol açacak kontrol dışı anahtarlama (Out of phase re-connection) olaylarında açma işareti verdiği ve generatörleri devreden çıkardığı görülmüştür.

SONUÇ

Bu çalışmada, genel amaçlı bir dijital koruma rölesinin donanımı ve yazılımı ele alınmıştır. Söz konusu genel amaçlı röle donanımı ve laboratuvarında bulunan bir model elektrik güç sistemi yardımıyla, yerel elektrik santrallerinin korunması için daha önce geliştirilen bir koruma algoritmasının testi yapılmıştır.

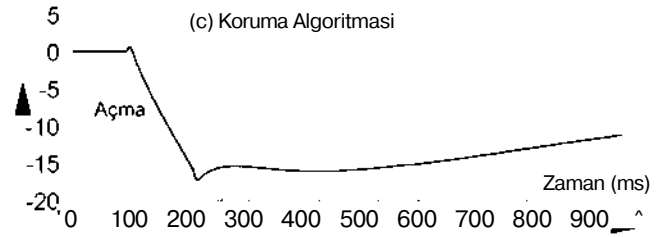
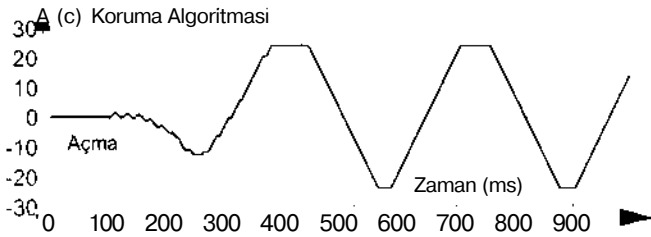
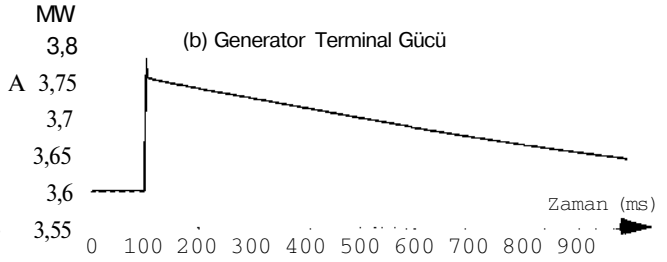
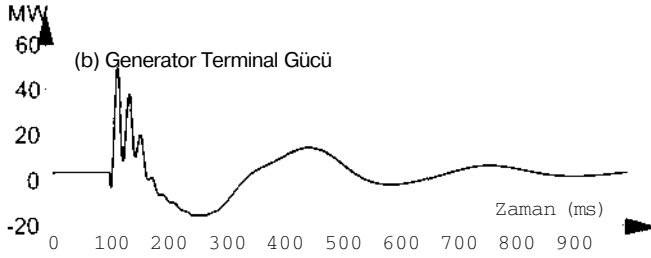
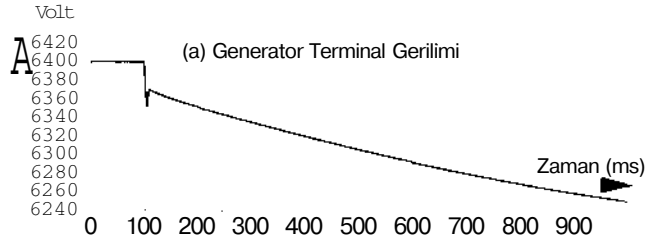
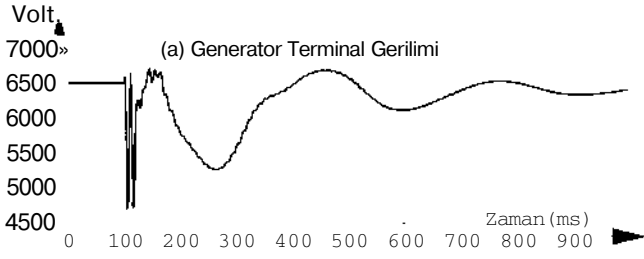
Yerel Elektrik Santrallerini (Yerel Generatörleri) elektrik şebekesinde oluşabilecek anahtarlama olaylarının yaratacağı etkilere karşı korumak için geliştirilen bu algoritmasının edilmesi sırasında elde edilen sonuçlar beklenildiği gibi, bilgisayar simülasyonu sonuçlarıyla uyduğu ve algoritmanın istenilen performansı sağladığı görülmüştür.

TEŞEKKÜRLER

'Islanding Koruma' projesini destekleyen GEC ALSTHOM Protection&Control U.K.Bath University Protection&Control U.K. grublarına desteklerinden dolayı teşekkür ederiz. Ayrıca İT.Ü. Elektrik Mühendisliği Bölümünde yürütülen "Çok-fonksiyonlu Dijital Koruma Rölesi Tasarımı" projesini destekleyen TÜBİTAK EEEAG gurubuna ve İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörlüğüne maddi ve manevi desteklerinden dolayı teşekkürlerimizi sunarız.

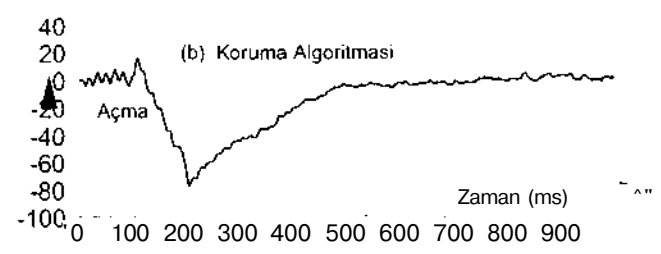
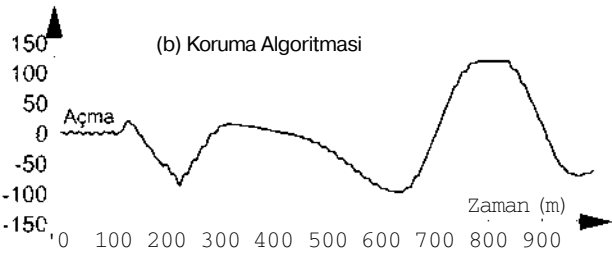
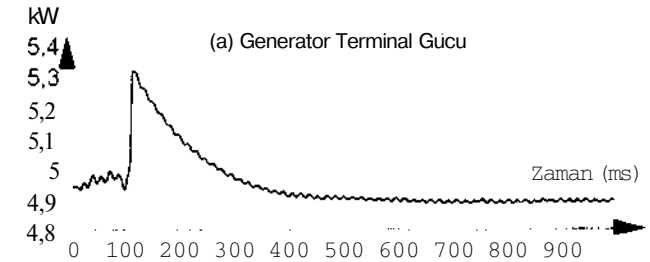
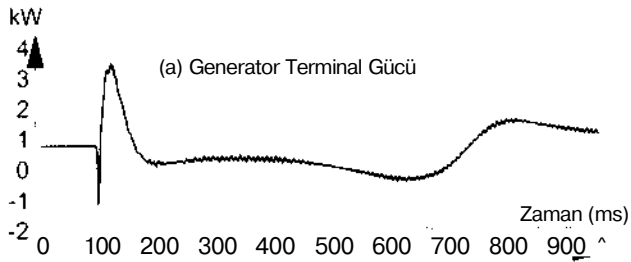
KAYNAKLAR

- [1] M. S. Sachdev (Coordinator), "Computer Relaying", IEEE Tutorial Course Text, 79EH0148-7-PWR, NJ,USA,1979.
- [2] MS. Sachdev (Coordinator), "Microprocessor Relays and Protection Systems", IEEE Tutorial Course Text, 88EH0269-1-PWR, NJ,USA,1988.
- [3] MS. Sachdev and T.S. Sindu, " A laboratory for Research and Teaching of Microprocessors-Based Power Systems Protection", IEEE Trans. on Power Systems, Vol.11, No.2, pp.613-619, May 1996.
- [4] H.C. Wood et al., " General -Purpose Hardware for Microprocessor Based Relays", International Conferans on Power System Protection'89,pp. 43-59, Singapore, 1989.
- [5] T.S. Sindu et al., "Desing, Implimentation and Testing of A Microprocessor-Based High-Speed Relay for Detecting Transformer Winding Faults", Trans on Power Delivery, Vol.7,No. 1, pp. 108-117, May, 1992.
- [6] M. A. Redfern, J. I. Barrett and Ö. Usta, " A New Microprocessor Based Islanding Protection Algorithm for DSG Units", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol.10, No.3, pp.1249-1254, July 1995.
- [7] MA Redfern, J.I. Barrett, D. Hewings and Ö. Usta, "A Laboratory Facility for Research into Digital Protection Algorithms Used for The protection of Small and Medium sized Generators", Proc. UPEC'91, Brighton, U.K., 1991.
- [8] Ö.Usta, " A Power Based Digital Algorithm for the Protection of Embedded Generators", Ph.D Thesis, University of Bath, England,1993.
- [9] Ö. Usta , Z. Erdoğan and M. Bayrak, "Yerel Elektrik Santrallerinde Koruma ve Kontrol Problemleri.",Elektrik-Elektronik Mühendisliği 6.Ulusal Kongresi',Vol.I,pp.29-33,Bursa 1995.
- [10] Ö. Usta et al., " Analysis Out of Phase Reclosing Required for the Protection of Dispersed Generation and Storage Units." Proceedings of MELECON'96, Vol.II, pp.742-745.



SEKİL.2. YEREL GENERATÖRÜN GÜÇ SİSTEMİ İLE KONTROLSUZ OLARAK FAZ-FARKI ALTINDA BAĞLANMASI(Bilgisayar Simülasyonu)

SEKİL. 3. YEREL GENERATÖRÜN GÜÇ SİSTEMİNDEN KONTROLSUZ OLARAK AYRILMASI. (Bilgisayar Simülasyonu)



SEKİL.4. YEREL GENERATÖRÜN GÜÇ SİSTEMİ İLE KONTROLSUZ OLARAK FAZ-FARKI VARKEN BAĞLANMASI. (Gerçek-zamanda Simülasyon).

SEKİL.5. YEREL GENERATÖRÜN GÜÇ SİSTEMİNDEN KONTROLSUZ OLARAK AYRILMASI (Gerçek-zamanda Simülasyon)

GERİLİM KARARSIZLIĞINI ÖNLEYİCİ REAKTİF GÜÇ YERLEŞİMİNİN İNCELENMESİ

M.BAĞRIYANIK, F.G.BAĞRIYANIK
İstanbul Teknik Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü
80626 - Maslak-İSTANBUL

ABSTRACT

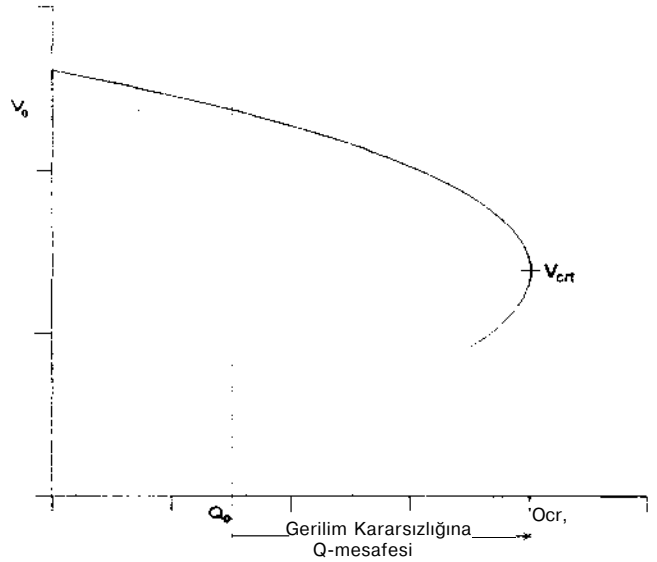
Voltage stability is the ability of the system to provide adequate reactive power support under all operating conditions so as to maintain stable load voltage magnitudes with in specified operating limits in the steady-state. In an electric power system, VAR reserves should be allocated in such a way that the system does not move towards voltage collapse as the system demand changes. A sensitivity calculation can be performed to find a strategy to increase reactive power reserves where an increase in reactive reserves is required. To improve voltage stability condition of the system, V-Q sensitivity analysis can be used to select a location for a reactive power device. In this study, for an example system, firstly by using Newton-Raphson Load flows we obtained Q-V curves and then we calculated V-Q sensitivity values to determine candidate buses for location of reserves. As a result, it is seen that the results of the sensitivity analysis can be used to determine candidate buses.

GİRİŞ

Elektrik enerjisi tüketimi, teknolojiye gelişmeler ve nüfus artışına bağlı olarak hızla artmaktadır. Üretilen enerjiyi tüketicilere ulaştıran bir elektrik enerji iletim sistemi, güç taleplerini kaliteli ve güvenilir olarak sağlamalıdır. Elektrik enerji sisteminin planlaması, işletimi ve kontrolünde, sistemin güvenli ve arzu edilir şekilde çalışmasını sağlamak için son yıllarda önem kazanan gerilim kararlılığı açısından da iyileştirici önlemler alınmalıdır. Özellikle, uzun hatlar ve ağır yüklenmiş sistemlerle ilgili olan gerilim problemleri önlem alınmadığında sistemi gerilim çökmesine götürebilir.

Tüm işletim koşulları altında sürekli halde belirlenen işletim limitlerinde yük gerilim genliklerinin kararlılığını muhafaza etmek için yeterli reaktif güç beslemesini sistemin sağlama kabiliyeti olan gerilim kararlılığı, reaktif güç kompanzasyon aygıtlarının uygun yerleşimi ve kontrolü, yük altında kademe değiştirmeli transformatörlerin kontrolü, kritik durumlarda yük atmanın gerçekleştirilmesi, iletim hatlarının uygun tasarımı gibi önlemlerle iyileştirilebilir [1-2].

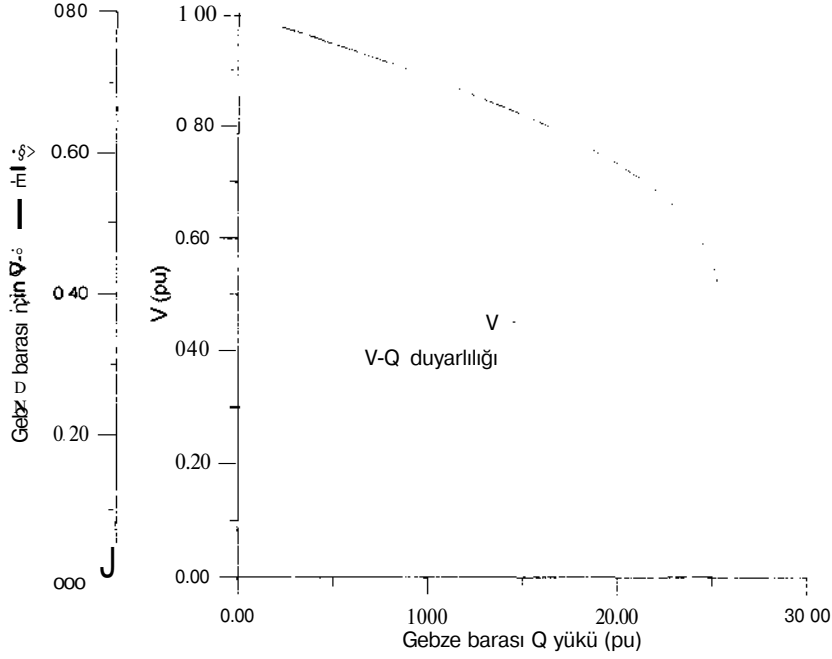
Elektrik enerji sisteminde, reaktif güç kaynaklarının yerlerini belirlemek için mühendislik deneyimi ve çeşitli kriterlere göre yapılan duyarlılık analizlerine dayalı yöntemler literatürde yer almaktadır [3-6]. Bir enerji iletim sisteminde gerilim kararlılığı açısından reaktif güç rezerv yerleri belirlenirken, bu rezervlerin sistem talebi değiştiği zaman sistemin gerilim çökmesine doğru hareket etmemesini sağlayacak biçimde yerleştirilmiş olması gerekmektedir.



Şekil 1. Güç sistemindeki bir bara için gerilim kararsızlığına Q-mesafesinin Q-V eğrisi üzerinde gösterilmesi.

GERİLİM KARARLILIĞI

Güç sistemindeki herhangi bir baranın reaktif dayanıklılığı; gerilim kararsızlığı - olmadan önce sistemin dayanabildiği, baradaki reaktif talebin maksimum artması olarak tanımlanan gerilim çökmesine olan Q-mesafesi ile belirlenebilir. Güç sistemindeki baralar için, Q-V eğrileri göz önüne



Şekil 2. Örnek sistemdeki Gebze barası için reaktif yükteki artış ile gerilimin genliği ve V-Q duyarlılığının değişimi.

alınarak bir kararlı işletme noktasından kararsızlık noktasına (kritik nokta) olan MVAR mesafeleri belirlenebilir. Şekil 1' de, güç sistemindeki bir bara için Q-V eğrisi üzerinde gerilim kararsızlığına Q-mesafesi gösterilmektedir [7]. Böylece, bir baranın reaktif dayanıklılığını belirleyebilmek için o baraya ilişkin Q-V eğrisi ve kritik nokta değerlerinin belirlenmesi gerekir.

Gerilim kararlılığı incelemeleri için kullanılan gerilimin genliği ve reaktif güç arasındaki ilişkiyi gösteren Q-V eğrileri radyal (iki baralı) sistemler için analitik olarak elde edilebilirken, çok baralı sistemler için bu eğriler yük akışı çözümleri ile elde edilmeye çalışılır. Enterkonnekte yapıda iletim sistemleri için sürekli-hal gerilim kararlılığı incelemelerinde kullanılan yük akışı hesaplamalarına dayalı yöntemlerde; inceleme için seçilen yük barasında, bir kararlı başlangıç işletim noktasından itibaren yük, sonlu adımlarla artırılır ve her yeni durum için yük akışı çözümü yapılır, işlemler, Newton-Raphson yük akışı hesaplaması iraksayana dek sürdürülür. Bu durumda iraksama, kritik çalışma noktasına ulaşıldığının göstergesidir. Fakat çok baralı sistemler için bu işlem çok zaman alıcıdır ve tam olarak eğriyi elde etmek mümkün olmayabilir. Bu nedenle, gerilim kararlılığı incelemelerinde V-Q duyarlılığına dayalı yaklaşımlar kullanılır.

V-Q DUYARLILIK ANALİZİ

Bir güç sistemi için Newton-Raphson yönteminde,

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ h & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix} \quad (D)$$

olup, burada,

- ΔP ; bara aktif gücündeki artımsal değişme
- ΔQ ; bara reaktif gücündeki artımsal değişme
- $\Delta \delta$; bara gerilim açısındaki artımsal değişme
- ΔV ; bara gerilim genliğindeki artımsal değişme
- J_1, J_2, J_3, J_4 ; jacobian matrisin alt matrisleri

dir.

Jacobian matris elemanları, yük akışı ve bara gerilim değişimleri arasındaki duyarlılığı verir. Bir işletme noktasında biz P' yi sabit tutar ve Q ile V arasındaki ilişkiyi göz önüne alırsak gerilim kararlılığını değerlendirebiliriz. Q-V eğrisi yaklaşımına benzer olan bu göz önüne almaları dayanarak, $\Delta P=0$ için,

$$[\Delta Q] = [J_R][\Delta V] \quad (2)$$

olup burada,

Tablo 1. Örnek sistem hat verileri.

Baradan-baraya	Seriz		ŞöntY Y/2 (PU)
	R	X (pu)	
İkitelli-Osmancık	0.00367	0.042188	0.3465
Adapazarı-Osmancık	0.001588	0.014463	0.1687
Ankara-Osmancık	0.002796	0.032118	0.5276
Ankara-Çayırhan	0.001878	0.017189	0.1946
Çankırı-Osmancık	0.003304	0.037957	0.6235
Gökçekaya-Adapazarı	0.002405	0.022275	0.2463
Çayırhan-Adapazarı	0.003265	0.029877	0.3383
Ambarlı-İkitelli	0.000553	0.005089	0.0582
Hamitabad-İkitelli	0.00354	0.032713	0.3632
Hamitabad-Alibeyköy	0.002405	0.027634	0.2269
Gebze-Adapazarı	0.001049	0.009712	0.8590
Gebze-Ümraniye	0.000385	0.003560	0.1574
Ümraniye-Alibeyköy	0.000620	0.007384	0.1129
Alibeyköy-İkitelli	0.000360	0.004283	0.0655

$$[J_R] = [J_4 - J_3 \cdot J_1^{-1} \cdot J_2] \quad (3)$$

dir ve $[J_R]$ sistemin indirgenmiş jacobian matrisidir.

Eşitlik (2)' den

$$[\Delta V] = [J_R]^{-1} [\Delta Q] \quad (4)$$

elde edilebilir. İndirgenmiş V-Q jacobian'i olarak adlandırılan $[J_R]^{-1}$ matrisinin i-inci köşegen elemanı, bara i deki V-Q duyarlılığıdır. Bir baradaki V-Q duyarlılığı, verilen işletme noktasında Q-V eğrisinin eğimini gösterir. Pozitif V-Q duyarlılığı, kararlı bir işletimin göstergesidir. Pozitif değerde küçük duyarlılık daha kararlı bir sistemin göstergesidir. Kararlılık azaldığı zaman duyarlılığın genliği artar, kararlılık sınırında ise sonsuz olur. Tersine; bir negatif duyarlılık ise kararsız işletimin göstergesidir. Buna göre küçük negatif duyarlılık ise çok kararsız bir işletim durumunu gösterir [1-2]. Şekil 2' de duyarlılık ile Q-V eğrisi arasındaki ilişki daha ayrıntılı olarak görülebilir.

Böylece, kararlı bir işletim durumu için V-Q duyarlılık değerlerini kullanarak Daraların reaktif güç açısından gerilim kararlılığı durumları hakkında fikir sahibi olabiliriz.

ÖRNEK SİSTEM İNCELEMESİ

Bu çalışmada, gerilim kararsızlığının başlıca nedeni olan reaktif güç yetersizliğini gidermek amacıyla reaktif güç rezervlerine ilişkin uygun yerlerin belirlenmesi problemi incelenmiştir, incelemeler için [8] ve [9] referansları kullanılarak elde edilen veriler ile oluşturulan indirgenmiş Kuzey Batı Anadolu sistemi örnek sistem olarak gözönüne alınmıştır. Örnek sistem altı adet üretim (Ankara, Çankırı, Gökçekaya, Çayırhan, Ambarlı, Hamitabad) ve altı yük (Gebze, Ümraniye, Alibeyköy, İkitelli, Adapazarı, Osmancık) harasından oluşmaktadır. Örnek sistem verileri Tablo 1 ve 2' de verilmiştir.

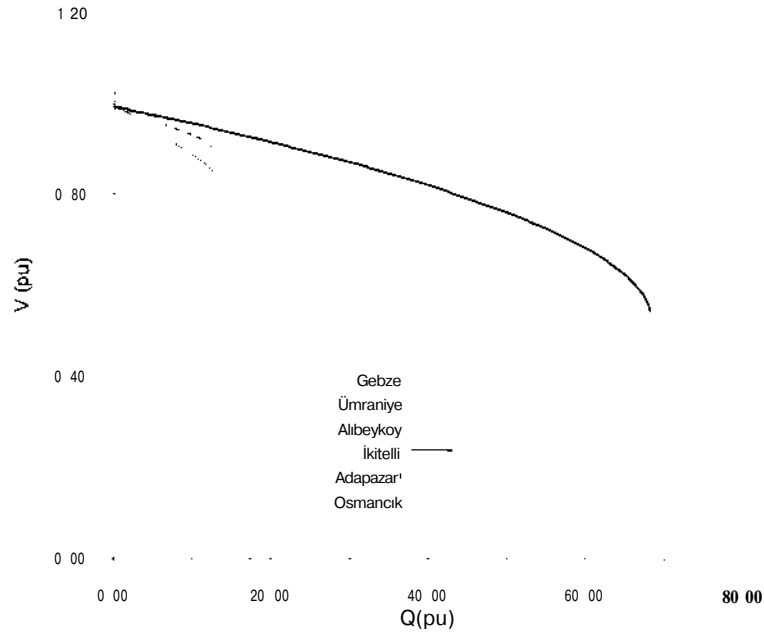
Örnek sistem üzerinde yük baraları göz önüne alınarak yük akışı çözümleri ile bu baralar için Q-V eğrileri elde edilmiştir. Şekil 3' de verilen bu eğrilerden görülebileceği gibi en içte yer alan eğriye ilişkin bara olan Gebze barası incelemede göz önüne alınan durum için gerilim kararlılığı açısından reaktif dayanıklılığı zayıf olarak belirlenmiştir. İkitelli barası ise en dayanıklı bara olarak görünmektedir.

Tablo 2. Örnek sistem üretim ve yük verileri.

Bara Adı	Bara tipi	Üretim P (pu)	Yük P Q (pu)		V (PU)
			P	Q	
Ankara	Salınım				1.030
Çankırı	PV	3.143			1.051
Gökçekaya	PV	3.545			1.032
Çayırhan	PV	4.094			1.027
Ambarlı	PV	1.320			1.05
Hamitabad	PV	3.967			1.032
Gebze	PQ		3.967	0.022	
Ümraniye	PQ		3.342	2.000	
Alibeyköy	PQ		3.783	1.825	
İkitelli	PQ		4.532	2.127	
Adapazarı	PQ		2.759	-0.054	
Osmancık	PQ		0.907	0.281	

Tablo 3. Örnek sistem yük baraları için hesaplanan V-Q duyarlılık değerleri.

Bara	V-Q değeri ($x10^{-3}$)
Gebze	9.932
Ümraniye	9.413
Alibeyköy	5.669
İkitelli	3.526
Adapazarı	6.929
Osmancık	8.398



Şekil 3. Örnek sistem yük baraları için Q-V eğrileri.

Ayrıca örnek sistem yük baraları için V-Q duyarlılık değerleri hesaplanmıştır. Tablo 3' de verilen bu değerlerin büyükten küçüğe doğru sıralanmasıyla baralar için reaktif dayanıksızlıklarına göre,

(Gebze-Ümraniye-Osmancık-Adapazarı-Alibeyköy-İkitelli)

sıralaması elde edilmiştir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, bir elektrik enerji sisteminin gerilim kararlılığı açısından reaktif dayanıklılığını belirlemek için yük akışı çözümleri ve V-Q duyarlılık analizi hesaplamaları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, her iki yöntemle elde edilen sonuçların birbirini desteklediği görülmüştür. Böylece elektrik enerji sisteminde reaktif güç rezerv yerleri belirlenirken zaman açısından oldukça kazanç sağlayacak olan duyarlılık yaklaşımlarını kullanmak uygun olabilir. Ayrıca yerleşim yerleri belirlenirken diğer sistem etkileyicileri için de duyarlılık değerleri hesaplanarak bir çok durum birarada göz önüne alınabilir.

KAYNAKLAR

[11] KUNDUR Prabha, Power System Stability And Control, Mc Graw-Hill, Inc., 1994.

[2] MANSOUR Y., Suggested Techniques For Voltage Stability Analysis, IEEE, 1993.

[3] SHAHİDEHPOUR S.M., DEEB N.I., "An Overview Of The Reactive Power Allocation In Electric Power Systems", Electric Machines and Power Systems, pp. 495-518, 1990.

[4] SAVULESCU S.C., "Qualitative Indices For The System Voltage And Reactive Power Control", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-95, No. 4, pp. 1413-1421, July/August 1976.

[5] VENKATARAMANA A., CARR J., RAMSHAN R.S., "Optimal Reactive Power Allocation", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. PWRS-2, #1, pp. 138-144, February 1987.

[6] ELRAZAZ Z., AL-OHALY A., "Criterion For Inductive Compensation Location To Enhance System Steady State Stability", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 8, No.4, pp. 1545-1549, November 1993.

[7] ZALAPA R.R., CORY B.J., "Reactive Reserve Management", IEE Proc. Gener. Transm. Distrib., Vol. 142, No. 1, pp. 17-23, January 1995.

[8] TEAŞ, Türkiye Ulusal Elektrik Ağındaki Havai Hatların, Trafoların ve Generatörlerin Elektriki Karakteristikleri, 1995.

[9] TEK, 1992 Puant Yük Şartlarında Yük Akışı ve Üç Faz Kısa Devre Etüdü, 1993.

YERALTI ENERJİ KABLOLARINDA KAPAMA AŞIRI GERİLİMLERİNİN GEÇİCİ REJİM ANALİZİ

Yılmaz UYAROĞLU M.Uğur ÜNVER
Sakarya Üniversitesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
54040-SAKARYA

ABSTRACT

In this study, the magnitudes and the waveforms of the energisation transients induced at the receiving end and sending end of an underground cable system are obtained using digital computer. Transient voltages are first obtained in frequency domain and then found in time domain using inverse Modified Fourier Transform technique. This method of solution accounts for the frequency dependent effects of series impedance and shunt admittance parameters of the cable accurately.

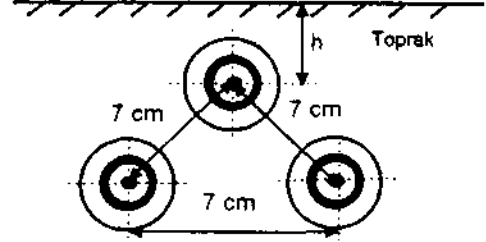
1. GİRİŞ

Bir yeraltı enerji kablo sisteminde bulunan kesicilerin açma kapama yapmaları sırasında sistemde geçici aşırı gerilimler oluşmakta ve bu aşırı gerilimler, güç transformatörleri ve salt cihazları üzerinde büyük zararlara neden olabilmektedir. Bu zararlara karşı gereken önlemleri almak için önce sistemde meydana gelebilecek en yüksek gerilim değerlerini hesaplayıp, koruma sistemlerini bu değerlere göre tasarlamak ve ayarlamak gerekir. Bu çalışmada kablo sistemine bir faza veya üç faza aynı anda enerji verilmesi sırasında meydana gelen kapama aşırı gerilimleri incelenmiştir. Oluşabilecek en yüksek geçici aşırı gerilimin büyüklüğünü belirlemek için sisteme, alıcı uç boşta iken enerji verilmiştir.

Kablo uzunluğu, üreteç empedansı, şönt reaktörlerinin etkileri gibi değişik etkenlerin kablo sonunda oluşan aşırı gerilimler üzerine olan etkileri sırasıyla incelenmiştir. Çözüm metodu olarak modal analiz ve geliştirilmiş Fourier dönüşüm metodu kullanılmıştır. Geçici gerilimler önce frekans bölgesinde, daha sonra Fourier dönüşüm integralinin tersi alınarak zaman bölgesinde bilgisayar yardımı ile elde edilmiştir.

2. KABLO SİSTEMİNİN ANALİZİ

Ele alınan kablo sisteminin yerleşim planı ve elektriksel özellikleri sırasıyla Şekil 1. ve Tablo 1de verilmiştir.



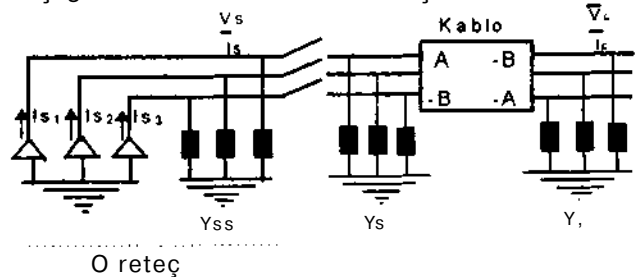
Şekil 1. Kılıfı çapraz bağlı yeraltı kablosunun toprak altındaki yerleşim planı

Tablo 1. Kablo verileri

En üst fazın toprak seviyesinden derinliği	$h=70$ cm
Nüve yarıçapı	3 mm
kılıf iç yarıçapı	14 mm
kılıf dış yarıçapı	15 mm
kablo toplam yarıçapı	17 mm
Nüve özdirenci (ohm-m)	$1.72 \cdot 10^{11}$
Kılıf özdirenci (ohm-m)	$1.72 \cdot 10^{16}$
Nüve izolasyonunun dielektrik sabiti	23
Kılıf izolasyonunun dielektrik sabiti	7
Toprak özdirenci (ohm-m)	20

3. GEÇİCİ GERİLİM DENKLEMLERİNİN ELDE EDİLMESİ

Yeraltı kablosunun her ana bölümüne üç ara bölmenin ardışık bağlanmasıyla oluşturulmuştur. Herbir ana bölme uçları direkt olarak topraklanmış olduğundan, kablo kılıfı üzerinde endüklenen gerilim değeri sıfırdır. Bu nedenle, kablonun empedans ve admitans matrisleri 3×3 'lük matrisler halindedir. Şönt kompanzasyon reaktörleri gönderici uca ve/veya alıcı uca sistemin ilgili düğüm matrisine katılırlar. Şekil.2'de görüldüğü üzere sistemin gönderici ucuna bağlanan şönt reaktörleri Y_s , alıcı ucuna bağlananlar ise Y_r olup 3×3 boyutunda köşegen matrisleri ile temsil edilmişlerdir.



Şekil 2. Ele alınan sistemin eşdeğer şeması

Gönderici ve alıcı uçlara ait akım ve gerilim bağıntısı $x=l$ için aşağıdaki matris denklemiyle ifade edilebilir.

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_S \\ \bar{I}_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} TA & -BT\bar{V}_S \\ L-B & A\bar{I}_V \end{bmatrix} \quad (1)$$

Burada; A ve B alt matrisleri 3x3 boyutunda olup aşağıda ifade edilmektedir.

$$A = Y_0 \coth(y^*)$$

$$B = Y_0 \operatorname{cosech}(y_0)$$

Denklem (1)'den yararlanarak kablo başı ve kablo sonu gerilimleri matris biçiminde şu şekilde yazılabilir:

$$\begin{bmatrix} \bar{V}_S \\ \bar{V}_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} TA & B \\ L-B & A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{I}_S \\ \bar{I}_R \end{bmatrix} \quad (2)$$

Burada;

$$A = Y_0 \coth(y/l)$$

$$B = Y_0 \operatorname{cosech}(y/l)$$

Denklem (2)'den yararlanarak aşağıdaki ifade yazılabilir

$$\bar{V}_S = A^{-1} \bar{I}_S + B^{-1} \bar{I}_R \quad (3)$$

Kablo sonu boşta olduğundan ;

$$\bar{I}_R = 0 \text{ dir. Dolayısıyla buradan,}$$

$$\bar{I}_S = A^{-1} \bar{V}_S \quad (4)$$

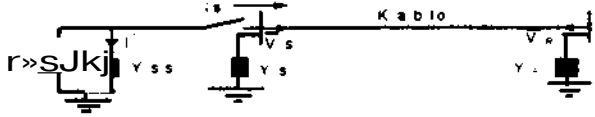
$$\bar{I}_R = (A^{-1})^{-1} \bar{V}_S \quad (5)$$

yazılabilir. Denklem (2) ve (5)' den yararlanarak;

$$\bar{I}_R = B^{-1} \bar{I}_S \quad (6)$$

$$\bar{V}_R = B^{-1} (A^{-1})^{-1} \bar{V}_S$$

elde edilir. Böylece sonsuz baradan kabloya enerji verilmesi halinde kablo başı gerilimi V_S belli olduğundan denklem (5) ve (7) kullanılarak sırasıyla kablo başı akımı ve kablo sonu uç gerilimi bulunabilir.



Şekil 3. Sistemin tek hat Norton Eşdeğer Devresi

Şekil 3'teki devreye ve Kirchof'un akım yasası uygulanırsa;

$$\bar{I}_S = \bar{I}_S + \bar{I}' \quad (8)$$

$$\bar{I}' = Y_{SS} \bar{V}_S \quad (9)$$

olarak yazılabilir. Denklem (1)'den

$$\bar{I}_S = A \bar{V}_S - B \bar{V}_R \quad (10)$$

$$\bar{I}_R = -B \bar{V}_S + A \bar{V}_R \quad (11)$$

yazılabilir. Denklem (9) ve (10) , denklem (8)'de yerine konursa;

$$\bar{I}_{SS} = A \bar{V}_S - B \bar{V}_R + Y_{SS} \bar{V}_S \quad (12)$$

$$\bar{I}_{SS} = (A + Y_{SS}) \bar{V}_S - B \bar{V}_R \quad (13)$$

şeklinde yazılabilir. Denklem (11) ve (13) matris biçiminde aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_{SS} \\ \bar{I}_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f(A + Y_{SS}) & -B \\ -B & A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{V}_S \\ \bar{V}_R \end{bmatrix} \quad (14)$$

Kablo sonu boşta olduğundan $\bar{I}_R = 0$ 'dir. Denklem (14)'den;

$$\bar{I}_{SS} = (A + Y_{SS}) \bar{V}_S - B \bar{V}_R \quad (15)$$

$$0 = -B \bar{V}_S + A \bar{V}_R \quad (16)$$

yazılabilir. Denklem (16)'dan faydalanarak kablo sonu gerilimi şu şekilde yazılabilir:

$$\bar{V}_R = A^{-1} B \bar{V}_S \quad (17)$$

Denklem (17), denklem (15)'te yerine konursa aşağıdaki denklem elde edilir.

$$\bar{I}_{SS} = [(A + Y_{SS}) - B A^{-1} B] \bar{V}_S \quad (18)$$

elde edilir. Denklem (18) kısaca ifade edilirse;

$$\bar{I}_{SS} = T \bar{V}_S \quad (19)$$

olarak yazılabilir. Burada

$$T = [(A + Y_{SS}) - B A^{-1} B] \text{ dir.}$$

Kablo başı gerilim vektörü ise, denklem (19)'dan

$$\bar{V}_S = T^{-1} \bar{I}_{SS} \quad (20)$$

Şeklinde ifade edilebilir. Denklem (20), denklem (17)'de yerine konursa kablo sonu gerilim vektörü aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\bar{V}_R = A^{-1} B (T^{-1})^{-1} \bar{I}_{SS} \quad (21)$$

Böylece denklem (20) ve (21) ile kablo başı ve kablo sonu gerilimleri ifade edilmiş olur.

3.1. Kablo Sonunda Şönt Reaktörlerinin Olması Hali

Sadece kablo sonunda şönt reaktör olması halinde kablo başı ve kablo sonuna ait akım ve gerilimler arasındaki bağıntı aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_{SS} \\ \bar{I}_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A + Y_{SS} & -B \\ -B & A + Y_R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{V}_S \\ \bar{V}_R \end{bmatrix} \quad (22)$$

Bu matris denkleminden yararlanarak aşağıdaki ifadeler yazılabilir.

$$\bar{I}_{SS} = (A + Y_{SS}) \bar{V}_S - B \bar{V}_R \quad (23)$$

$$0 = -B \bar{V}_S + (A + Y_R) \bar{V}_R \quad (24)$$

Denklem (24)'ten

$$\bar{V}_R = (A + Y_R)^{-1} B \bar{V}_S \quad (25)$$

Denklem (25), (23) de yerine konularsa ,

$$\bar{I}_{SS} = [(A + Y_{SS}) - B (A + Y_R)^{-1} B] \bar{V}_S \quad (26)$$

elde edilir. Buradan kablo başı gerilim vektörü şu şekilde yazılabilir;

$$\bar{V}_S = [S_{R1}]^{-1} \bar{I}_{SS} \quad (27)$$

Burada, $S_{R1} = [(A + Y_{SS}) - B (A + Y_R)^{-1} B]$

Denklem (27) , (25)'te yerine konularsa

$$\bar{V}_R = (A + Y_R)^{-1} B [S_{R1}]^{-1} \bar{I}_{SS} \quad (28)$$

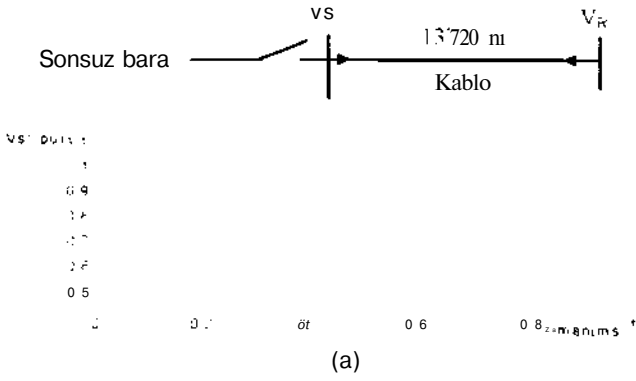
4. KABLO SİSTEMİNDE YAPILAN BİLGİSAYAR UYGULAMALI ANALİZLER

Ele alınan sistemde, yeraltı enerji kablosunun ana gerilimi 34,5 kV olup, kılıfı çapraz bağlı ve ana bölme uçlarında direkt topraklanmıştır. Kablo sonundan herhangi bir yük çekilmemektedir. Burada, bir faz veya üç fazın aynı anda kapanması esnasında kablo sisteminde oluşan geçici olaylar bilgisayarla incelenmiştir.

4.1 Tek Fazlı Enerji Verilmesi

Bu çalışmada 13720 metre uzunluğunda çapraz bağlı yeraltı enerji kablosunun 1. fazına birim basamak gerilimi uygulanmıştır. Bu durumda kablo sonunda

aynı fazda 1.88 pu değerinde bir gerilim yükselmesi meydana geldiği Şekil 4'ten gözlenmektedir.



Şekil 4. Bir faza birim basamak gerilimi uygulanması
(a) Kablo başı gerilimi
(b) Kablo sonu gerilimi

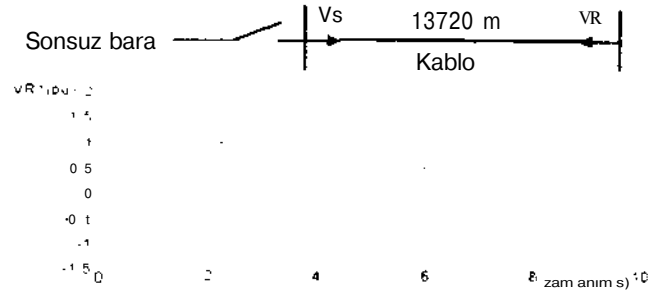
4.2. Kablo Uzunluğunun Etkisi

Bu çalışmada sonsuz bara üzerinden üç faza aynı anda olmak üzere, çeşitli uzunluklardaki kablo sistemlerine sinüsoidal gerilim uygulanmıştır. Enerji verilmesi sırasında kablo başında 1. faz geriliminin maksimum değerde, olduğu varsayılmıştır. Kablo uzunluğu arttıkça yürüyen dalgaların yolalma süresi uzadığından, kablo sonundaki geçici gerilim eğrilerinde görülen salınımların frekansı azalmaktadır.

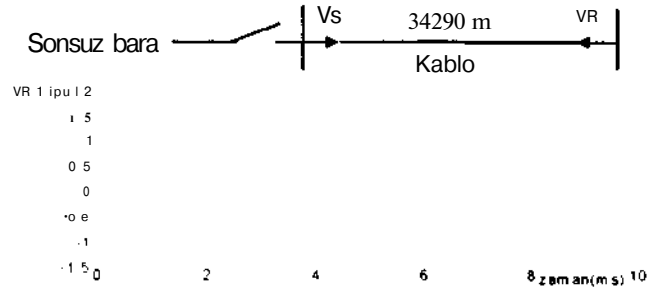
Örnek olarak ele alınan 13720 m ve 34290 m uzunluklarından kablolarda sisteme enerji verilmesini müteakip ilk 2 ms'lik süre esnasında salınım sayılarının, sırasıyla 5 ve 2 olduğu Şekil 5, ve Şekil 6'dan görülmektedir. Diğer taraftan kablo sonunda en yüksek gerilimin olduğu 1 fazda, kablo uzunluğu arttıkça aşırı gerilimlerde de bir azalma olduğu görülmekte olup bu durum Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Kablo sonunda meydana gelen geçici aşırı gerilimler: Kablo uzunluğunun etkisi

Kablo Uzunluğu (m)	Kablo sonundaki maksimum gerilim değerleri Faz 1 (pu)
13720	1.9254
20574	1.8685
27432	1.8320
34290	1.7936



Şekil 5. Üç faza birden aynı anda enerji uygulanması halinde kablo sonu gerilimleri: Kablo uzunluğunun etkisi $A = 13720m$



Şekil 7. Üç faza birden aynı anda enerji uygulanması halinde kablo sonu gerilimleri: Kablo uzunluğunun etkisi $L = 34290 m$

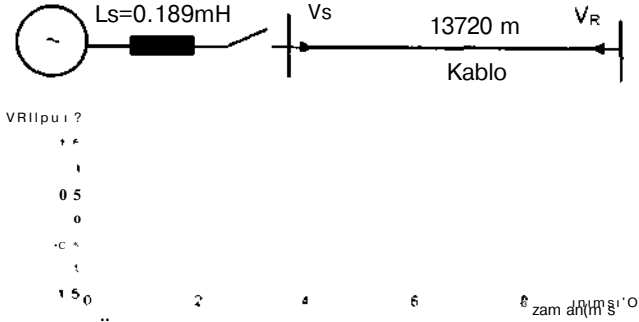
4.3. Üreteç Empedansının Etkisi

Değişik kısa devre güçlerindeki baraların üç fazına da aynı anda sinüsoidal enerji uygulanması halinde kablo sonunda görülen maksimum geçici gerilim değerleri incelenmiştir. Sırasıyla 2000 MVA ve 600 MVA değerlerindeki kısa devre gücüne sahip olan üreteçlerin endüktans değerleri 0.189 mH ve 9.47 mH'dir. Bu üreteçler üzerinden kablo sisteminin 3 fazına birden aynı anda enerji verilmesi halinde kablo sonunda elde edilen gerilimlerin dalga şekilleri Şekil (7) ve (8)'de görülmektedir.

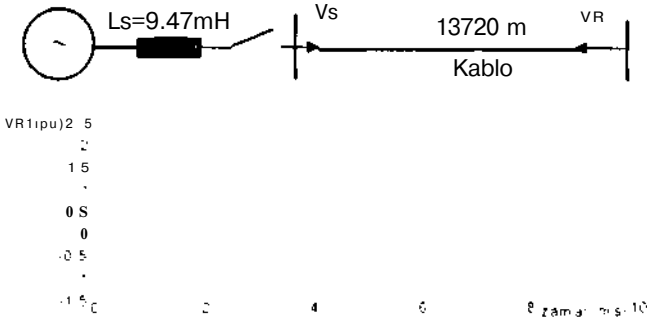
Tablo 3. Üreteç endüktansı ile aşırı gerilimlerin maksimum değerlerinin değişimi

Üreteç Endüktansı (mH)	Kablo sonundaki maksimum gerilim değerleri Faz 1 (pu)
0.189	1.9253
2.1	1.9424
6.31	2.0260
9.47	2.0334

Kablo sonundaki gerilim dalgaları incelendiğinde, ana frekans üzerindeki salınımların frekansı üreteç empedansı arttıkça azaldığı görülmektedir. Tablo 3'te muhtelif üreteç empedanslarının kablo sonunda meydana gelen geçici aşırı gerilimlerin maksimum değerine olan etkileri verilmiştir. Üretecin kısa devre gücü azaldıkça, yani üretecin endüktansı büyüdükçe, kablo sonundaki bütün fazlarda, geçici aşırı gerilimlerin genliğinde artma görülmektedir.



Şekil 7. Üç faza birden aynı anda enerji verilmesi halinde kablo sonu gerilimleri: Üreteç empedansının etkisi $L_s=0.189\text{mH}$,



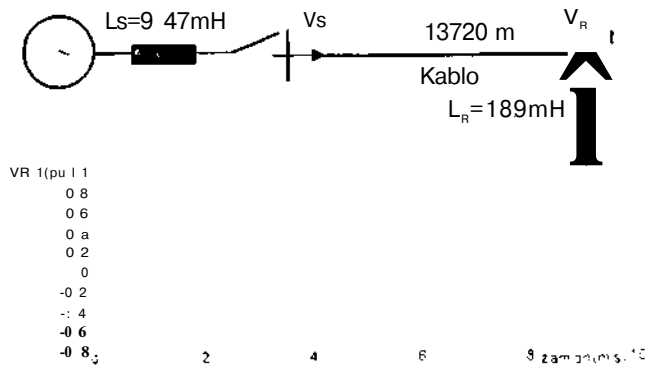
Şekil 8. Üç faza birden aynı anda enerji verilmesi halinde kablo sonu gerilimleri: Üreteç empedansının etkisi $L_s=9.47\text{mH}$

4.4. Şönt Reaktörlerin Etkisi

Şönt reaktörler ile aşırı gerilimlerin genliğini azaltmakta etkin bir rol üstlenmektedir. Şönt reaktörün gücü arttıkça, yani endüktansı azaldıkça meydana gelen aşırı gerilimlerin genliğinde azalma olmaktadır.

Tablo 4 Kablo Sonunda Şönt Reaktörlerin Etkisi

Üreteç empedansı $\langle T \rangle H$	Reaktör yokken	Reaktör varken (200 MVAR)
9.47	2.0334	0.9809



Şekil 10. Üç faza birden aynı anda enerji verilmesi halinde kablo sonu gerilimleri. Kablo sonunda şönt reaktörün etkisi, $L^=18.9\text{mH}$

5. SONUÇLAR

Kablo uzunluğu, üreteç empedansı ve şönt reaktörler gibi değişik etkenlerin kablo sonunda oluşan aşırı

gerilimler üzerine olan etkileri sırasıyla incelenmiştir. Kablo uzunluğu arttıkça meydana gelen geçici aşırı gerilimlerin maksimum değerinde bir azalma görülmektedir. Kablonun kapasitif etkisi nedeniyle, uzunluğu arttıkça gerekli koruma aygıtlarının koruma seviyelerinin azaltılabileceği veya bu gibi aygıtlara gerek duyulmayabileceği söylenebilir. Üreteç endüktansı arttıkça, kablo sisteminin hem başında hemde sonunda meydana gelen geçici aşırı gerilim değerlerinde de artış olmaktadır. Üreteç endüktansı büyüdükçe, sözkonusu geçici aşırı gerilim dalgasının zaman sabiti de büyümektedir.

Üreteç empedansının artmasıyla meydana gelen geçici aşırı gerilimleri azaltmak için kablo sistemi sonunda şönt reaktörler kullanılmıştır. Şönt reaktörler, kompanzasyon seviyesine ve kaynak empedansının durumuna göre geçici aşırı gerilimlerin büyüklüğünü azaltacak bir rol oynamaktadır. Kaynak empedansının endüktansı arttıkça ve şönt reaktörünün endüktansı da azaldıkça yani reaktif gücü arttıkça, sistemde meydana gelen geçici aşırı gerilimlerin seviyesi de azalmaktadır

KAYNAKLAR

- [1] UYAROĞLU.Y., Yeraltı Enerji Kablolarında Kapama Aşırı Gerilimlerinin Geçici Rejim Analizi Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 1997
- [2] WEDEPOHL.L.M . INDULKAR, C S Switching Overvoltages in short crossbonded Cable Systems Using the Fourier Transform Proc IEE Vol 122, No 11, November. 1975
- [3] UNVER.U . EN H ile Ardışık Bağlı Bir Yeraltı Enerji Kablosunda Oluşan Manevra Aşırı Gerilimleri Kaynak dergisi. 1987

OTOMATİK ÜRETİM KONTROLÜNÜN BİLGİSAYAR SİMÜLASYONU

CANAN ZOBİ

AYŞEN DEMİRÖREN

I.T.Ü. Elektrik - Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü

80626 Maslak- İSTANBUL

ABSTRACT

As system load is continually changing, it is necessary to change the output of generators automatically. The automatic generation control (AGC) regulates frequency to the specified nominal value, maintains the interchange power between control areas at the scheduled values by adjusting the output of selected generators.

In this study, the change in frequency caused by the change in load is investigated. This frequency change is simulated by using automatic generation control for two area and three area in MATLAB simulation program.

1. GİRİŞ

Güç sisteminden beklenen en önemli özellik, sabit gerilim ve frekans koşulunu sağlayan enerjiyi sürekli olarak tüketiciye verebilmesidir. Bu çalışmada, iki ve üç alanlı sistemlerin herhangi bir alanındaki yük değişiminin neden olduğu, frekans değişimi incelenmiştir. Bu değişim otomatik üretim kontrolü (AGC) ile MATLAB paket programı kullanılarak bilgisayarda simüle edilmiştir. Otomatik üretim kontrolü kısaca, sistemin frekansını nominal değerde tutarak, sürekli değişen yük taleplerini karşılayacak şekilde, güç üretimini değiştiren ve kontrol alanları arasında güç iletiminin belirlenen miktarlarda olmasını sağlayan bir yöntem olarak isimlendirilir [1].

2. OTOMATİK ÜRETİM KONTROLÜ

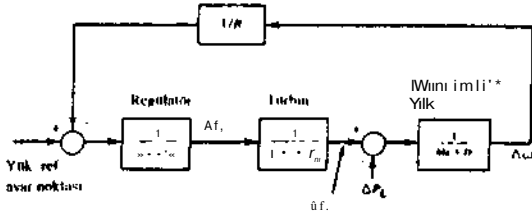
iki yada daha fazla birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebilen alana sahip bir enterkonnekte sistemde frekans kontrolüne ek olarak her alandaki

üretimin, bağlantı hatları üzerinden akan belirlenmiş güç değişimlerini korumak için kontrol edilmesi zorunludur. Herhangi bir üretim birimi kaybı, yük değişimi gibi durumlarda sistem yapısı bütünüyle değişecektir. Sistemde otomatik üretim kontrolü yapılıyorsa, en kısa zamanda eski çalışma durumuna dönecektir. Bu, otomatik üretim kontrolünün sistemde oluşacak her ani değişiklikte sistem yapısını bozmadan gerekli düzenlemeleri yaparak, frekans değişikliği öncesi değerine geri getirebilmesiyle mümkündür. Aksi takdirde herhangi bir yük değişimi sonucu frekansta bir değişim olacak ve frekans bu yeni değerinde kalacaktır.

Frekansın kontrolü, iki farklı kontrol olayı ile gerçekleştirilir [2-4]. İlk hız kontrolü dediğimiz kontrolde, devir sayısı regülatörleriyle frekans ayarlaması oldukça kaba bir şekilde yapılır. Bu kontrol ile frekansın sabitliği sağlanır, fakat frekans hatası sıfır yapılamaz. İlk hız kontrolünün etkisi ile kontrol alanındaki generatörler, değişen yükü büyüklükleriyle orantılı bir şekilde paylaşırlar. Ek hız kontrolü ise bu kontrole destekleyici yönde çalışan ikincil bir kontrol olayıdır. Bu kontrol, frekans hatasını sıfırlayan integral kontrolör içerdiğinden, frekans ayarını daha hassas bir şekilde yapar. Ek hız kontrolü ilk hız kontrolüne göre oldukça yavaş çalışır ve ilk hız kontrolü görevini yaptıktan sonra etki etmeye başlar. Aynı zamanda ilk hız kontrolü ile yük değişiminin yeri önemli olmaksızın alanlar arasında aktif güç alışverişi yapılırken, ek hız kontrolü ile sadece yük değişiminin olduğu üretim birimlerinin yer aldığı alanlar arasında aktif güç alışverişi yapma olanağı vardır. Bu ek kontrol olayı

sonucunda, istenen değerlerde frekans elde edilmiş ve komşu alanlarla istenen aktif güç alışverişi sağlanmış olur.

Üretim kontrolü yapacağımız sistemin generatör, regülatör, türbin ve yükünü içeren aşağıdaki modelin bilgisayar simülasyonuna en uygun ve olabildiğince basit bir model olduğu bilinmektedir [2].



Şekil: 1 Regülatör, türbin ve generatör / yük modelinin blok diyagramı.

T_G = Devir sayısı zaman sabiti.

T_{CH} = Türbin giriş vanası zaman sabiti.

R = Regülasyon sabiti.

M = Generatörün açısız momentumu.

D = Yük - sönüm sabiti.

Üretimdeki zorunlu değişim ' Alan Kontrol Hatası (ACE)' olarak bilinir [2]. Alan kontrol hatası, bir frekans yönelim faktörü (B) ile ağırlık kazanmış frekanstaki değişim ve bağlantı hattı güç akışındaki değişimle belirlenmiş bir kontrol işaretidir.

Otomatik üretim kontrol sistemleri dijital sistemlerle gerçekleştirilmektedir. Bağlantı hattı güç akışlarına, sistem frekansına ve generatör güçlerine ait olan bilgi, kontrol olaylarının bir bilgisayar tarafından yönetildiği merkeze iletilir. Burada bağlantı hattı güç değişimi ve frekansa bağlı olarak alan kontrol hatası (ACE) hesaplanır ve bu hata oranı kadar üretilen güçte gerekli değişikliğin yapılması için, üretim birimlerine işaret gönderilir. Bu olay kapalı bir çevrim şeklinde devam eder.

3. OTOMATİK ÜRETİM KONTROLÜNÜN ÇOK ALANLI SİSTEMLERE UYGULANMASI

iki alanlı bir sistem için alan kontrol hatası, $ACE_i = AP_{i,j} + B_i \Delta f$ [MW] $i=j=1,2$ ve frekans yönelim faktörü,

$$B_i = \frac{1}{R_i} + D_i \quad [MwV/0.1 \text{ Hz}]$$

olarak her bir alan için yazılır.

Alanları birbirine bağlayan bağlantı hattının da modellenmesi gerekir, i.alandan j.alana bağlantı hattı üzerinden akan güç,

$$P = -\frac{E_i E_j}{X_T} \sin(\delta_i - \delta_j)$$

olarak yazılır. Lineerleştirme yapıldığında,

$$T = -\frac{E_i E_j}{X_T} \cos(\delta_{i0} - \delta_{j0})$$

T = Senkronize edici moment katsayısı

X_T = Bağlantı hattı reaktansı

δ_0 = Açısız hız değişimi

$$AP = -\frac{T}{s} (A_w - A_w')$$

yazılır.

Burada otomatik üretim kontrolü iki ve üç alanlı sistemlere uygulanmıştır. Alanlardan herhangi birinde %5' lik bir yük artışı olduğu kabul edilerek bu yük değişimi birim basamak fonksiyonu şeklinde bir işaretle yük referans ayar noktasına uygulanmıştır [5].

İki alanlı bir sistemde 1.alandaki yük artışında frekans ilk saniyelerde %8 'lere varan bir düşme gösterir. Eğer herhangi bir üretim kontrolü yapılmamış olsaydı, sistem frekansı bu değerde kalacaktı. Üretim kontrolünün ilk hız kontrolü, ek hız kontrolüne göre daha hızlı çalıştığından başlangıçta frekanstaki değişimi tek başına gidermeye çalışır. 10. saniyeden sonra ek hız kontrolünün etkisi görülmeye başlanır ve 20. saniyede frekans değişimi sıfırlanmış olur. Aynı şekilde 2. alanda bir yük değişimi olduğu durumda da frekans değişimi 20 s içerisinde otomatik üretim kontrolünün etkisiyle giderilecektir Sistemdeki alan

sayısı arttıkça yani sistem büyüdükçe beklendiği gibi frekans değişiminin sıfıra gitmesi daha uzun sürmektedir. Bu üç alanlı bir sistemin simülasyon sonuçlarında görülmektedir. Aynı yük artışı için üç alanlı sistemde frekans ilk anlarda %7 düşerken frekanstaki değişimin sıfırlanması 25.s de mümkün olmaktadır, bu da sistemin daha büyük olmasının bir sonucudur. Şekil 4 'de iki ve üç alanlı sistemlerin 1. ve 2. alanlarındaki frekans değişimleri aynı eksende çizdirilmiştir.

Şekil 2 ve Şekil 3' deki modellerdeki parametrelerin değerleri [6].

$$T_{R1} = T_{R2} = T_{R3} = 0.4 \text{ S}$$

$$T_{11} = T_{12} = T_{13} = 0.01 \text{ s}$$

$$D_1 = D_2 = D_3 = 8.33 \times 10^{-3} \text{ p.u. MW/Hz}$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = 2.43 \text{ Hz/p.u. MW}$$

$$K_{p1} = K_{p2} = K_{p3} = \frac{1}{D} = 120 \text{ Hz/p.u. MW}$$

$$T_{p1} = 20 \text{ s}$$

$$T_{p2} = 12 \text{ s}$$

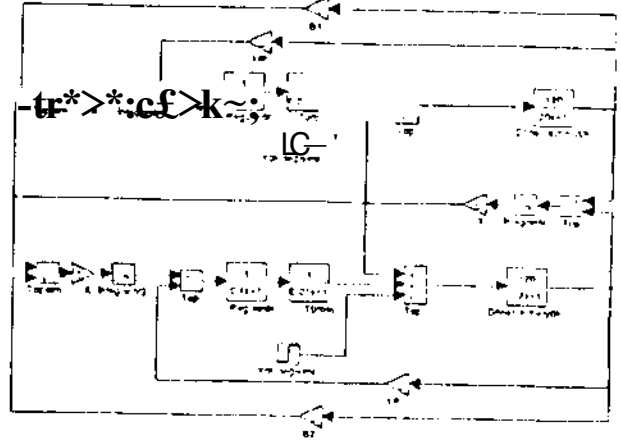
$$T_{pa} = 28 \text{ s}$$

$$B_1 = B_2 = B_3 = 0.3 \text{ p.u. MW/Hz}$$

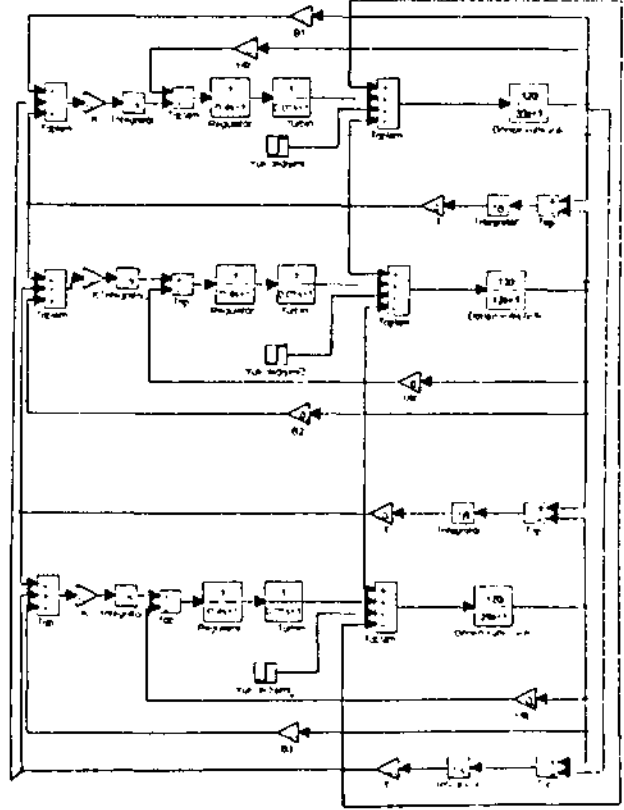
$$T_{12} = 0.1 \text{ p.u. MW/rad.}$$

4. SONUÇ

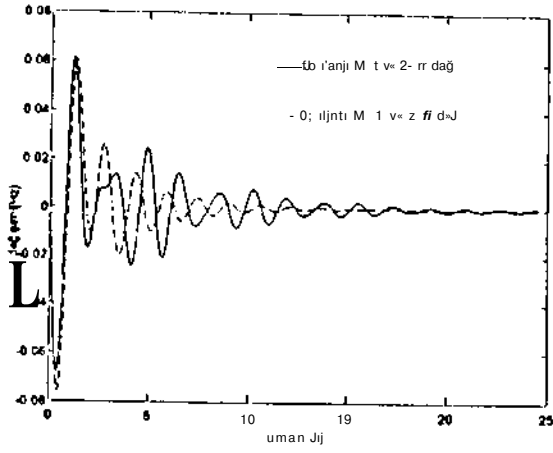
Bu çalışmada MATLAB paket programı kullanılarak iki ve üç alanlı sistemlerde yük değişiminin neden olduğu frekans değişiminin bilgisayarda simülasyonu yapılmıştır. Alanların enterkonnekte sistemler oluşturacak şekilde senkron olarak çalışması ekonomikliği, verimliliği ve güvenilirliği artıracığı için tercih edilirken, alanlardan herhangi birinde değişen yük talebinin oluşturduğu frekans değişimini giderecek yöntem otomatik üretim kontrolüdür.



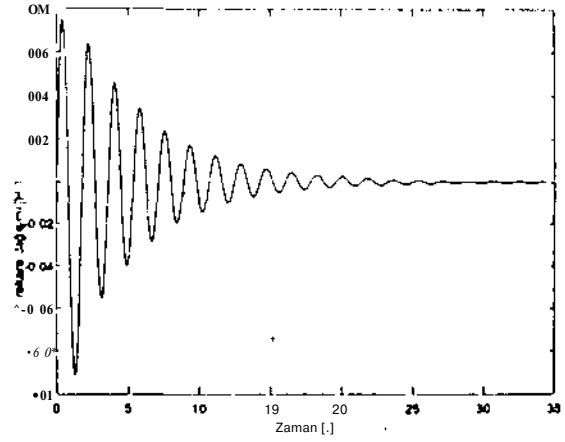
Şekil 2. İki alanlı ilk hız ve ek hız kontrollü sisteme ait model.



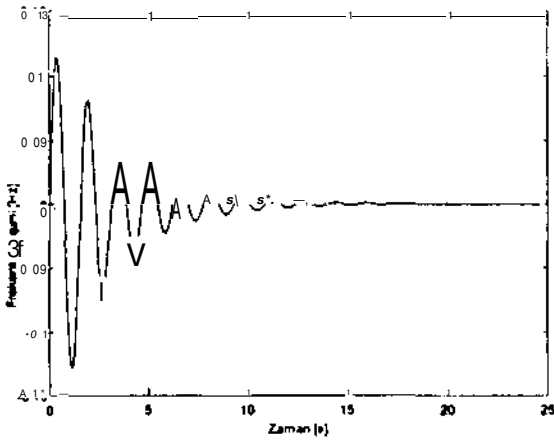
Şekil 3. Üç alanlı ilk hız ve ek kontrollü sisteme ait model.



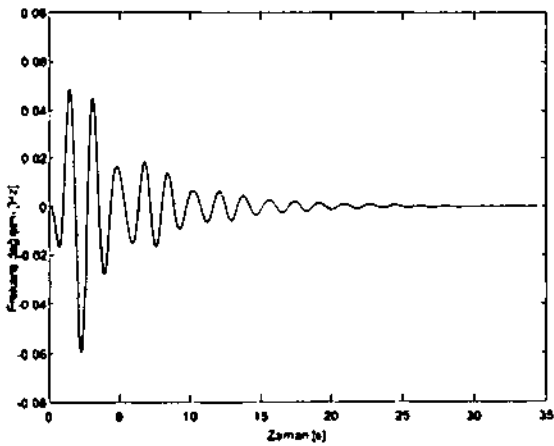
Şekil:4 İki ve üç alanlı sistemde 1. ve 2. alan arasındaki frekans değişimi.



Şekil.7 Üç alanlı bir sistemde 1. ve 3. alan frekanslarındaki değişim.



Şekil:5 İki alanlı bir sistemde 2.alandaki yük değişiminin frekansa etkisi



Şekil:6 Üç alanlı bir sistemde 2. ve 3. alan frekanslarındaki değişim.

KAYNAKLAR

- [1] KUNDUR, P. , 'Power System Stability and Control',1993
- [2] WOOD, A J., WOLLENBERG. B.F., 'Power Generation. Operation and Control',1984.
- [3] ELGERC, O. I, 'Electric Energy Systems Theory',1982.
- [4] GROSS, C. A., 'Power System Analysis',1979.
- [5] ZOBİ, C. 'Yük Frekans Kontrolünün incelenmesi, Yüksek lisans tezi 1996.
- [6] İBRAHİM A. H. M. . ' Power System Dynamic Equivalents Using Identification Techniques',1976.

ÖZGEÇMİŞ

CANAN ZOBİ,1993 yılında İTÜ. Elektrik mühendisliğini bitirdi. 1996 'da İTÜ. Fen bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans programından mezun oldu Halen İTÜ. Elektrik mühendisliği bölümünde doktora öğrencisi olarak kayıtlıdır ve Elektrik tesisleri anabilim dalında Araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

AYŞEN DEMİRÖREN. 1982 yılında İTÜ. Elektrik mühendisliğini bitirdi. Aynı yıl İTÜ. Elektrik -Elektronik Fak., Elektrik Tesisleri Anabilim Dalı'na Araş.Gör. olarak girdi.1985 yılında Y.Lisans, 1993 yılında doktora öğrenimini tamamladı.1993 yılında Y.Doç. unvanını aldı.1996 Ekiminde elektrik sistemleri dinamiği ve kontrolü konusunda Doçent unvanını aldı.

YÜKSEK GERİLİM HATLARINDA KORUMA İLETKENLERİNİN ELEKTRİK VE MAGNETİK ALANLARA ETKİSİNİ BELİRLEMEK İÇİN YENİ BİR YAKLAŞIM

N. UMURKAN, F.O. PEKİNER
Yıldız Teknik Üniversitesi
Elektrik Mühendisliği Bölümü
80750 - İSTANBUL

ABSTRACT

Ground wires are used in order to protect from the external atmospheric discharges in the high voltage energy overhead transmission lines. In the study, the effects of ground wires over the electric and magnetic fields used in overhead transmission lines are presented. Numerical examples are applied to the double circuit-three phase 380 kV Atatürk-Temelli line.

1. GİRİŞ

Güç santrallerinde enerji kaynağı olarak kullanılan maddelerin tüketim merkezlerinden çok uzaklarda bulunması genellikle sık karşılaşılan bir durumdur. Böyle durumlarda santrallerin tasarruf açısından mümkün olduğu kadar kaynak malzemesine yakın yerde kurulması ve çok uzaktaki tüketici merkezlerine enerjinin sevk edilmesi için de uzun iletim hatlarının dizaynı gerekir. Bu ise kullanılacak yüksek gerilim seviyesi, izolasyon koordinasyonu, güç kaybı, gerilim regülasyonu, stabilite gibi teknik kısıtların en ekonomik olarak karşılandığı şebeke dizaynının seçim problemini ortaya çıkarır.

İyi bir şebeke dizaynı yapılırken aynı zamanda şebekenin en iyi şekilde işletilmesinin de düşünülmesi gerekir. İletilen güç seviyesinin eski yıllara göre katlanarak arttığı, kısa devre açma güçlerinin binlerce GVA seviyesine ulaştığı, gerilim seviyeleri için 1500 kV'ların düşünüldüğü günümüzde izolasyon koordinasyonunun ne kadar önemli bir konu durumuna geldiği açıktır.

Bilindiği gibi iletim hatlarında gerilim yükselmeleri; devrelerin açılıp kapanması, rezonans olayları gibi iç aşırı gerilim kategorisinde değerlendirilen olaylar ile, komşu hatların birbirine etkileri ve atmosferik aşırı gerilimler gibi dış aşırı gerilim kategorisinde değerlendirilen olaylar neticesinde meydana gelmektedir. İletim hatlarında etki ile elektrikleme veya yıldırım neticesi yürüyen dalgalar meydana gelir.

Dış aşırı gerilimler ve etkilerinden korunmak için yapılan bir uygulama da iletim hatlarında koruma iletkeni kullanılmasıdır. İletim hatlarının üzerine belirli bir açı ile yerleştirilen ve direkler üzerinden topraklanan koruma iletkenleri hat iletkenlerini zararlı etkilerden korumak için uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Koruma iletkenlerinin bu görevi, yıldırıma karşı bir ekranlama olarak nitelenir. Böylece eğer iletkene bir yıldırım isabeti olursa, meydana gelen deşarj akımı direk üzerinden toprağa sevk edilir.

Hatlar üzerinden daha fazla güç iletilmesi için artırılan gerilim ve akım değerine bağlı olarak hatların etrafında elektrik ve magnetik alanlar meydana gelmektedir. Çevre bilincinin giderek önem kazanması ile enerji iletim hatlarının çevresindeki alçak frekanslı elektrik ve magnetik alanların çevredeki bitki örtüsü, hayvanlar ve insanlar üzerindeki biyolojik etkilerinin belirlenmesi için çeşitli araştırmalar yaygın olarak yapılmaktadır. Bu araştırmaların etkisiyle çeşitli ülkelerde enerji iletim hatlarının elektrik ve magnetik alanları konusunda güvenlik standartları oluşturulmuştur. Bu standartlarda öngörülen sınır değerlere göre hatların güzergah genişlikleri, direklerin yükseklikleri, yerleşim merkezlerinin hatlara olan kritik yaklaşma mesafeleri ve hat güzergah alanı içinde yapılacak günlük aktivitelerin (tarım, park, vs.) elektrik alan miktarına bağlı olarak değişen süresi tespit edilmektedir. Türkiye'de ise enerji iletimi, 154 kV ve 380 kV gerilimli enerji iletim hatları ile gerçekleştirilmektedir ve bu hatların meydana getirdiği elektrik ve magnetik alanlar için herhangi bir standart bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, yüksek gerilimli enerji iletim hatlarından dolayı meydana gelen elektrik ve magnetik alanlar üzerinde koruma iletkenlerinin ekranlama etkisi incelenmiştir. Elektrik alan hesaplamalarında kullanılan "Yük Benzetim Yöntemi" enerji iletim hatlarına uygulanmıştır. Magnetik alan hesaplamaları ise toprak dönüş akımlarının etkisi ihmal edilerek yapılmıştır. Sayısal uygulamalar, Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü Elektrik Tesisleri Anabilim Dalında, enerji iletim hatlarının elektrik ve magnetik alan hesaplamaları için geliştirilen, üç boyutlu ortamda elektrik ve magnetik alan hesaplamalarını yapabilecek şekilde geliştirilen bilgisayar programı ile gerçekleştirilmiştir [1].

2. KORUMA İLETKENLERİ VE TESİS NEDENLERİ

Elektrik sistemimizin koruma iletkeni dizaynı ve işletilmesi hususunda uygulanan esaslar aşağıda özetlenmiştir:

1. İstasyonlardan 1 km mesafeye kadar koruma iletkeni ve istasyon girişinde parafudr kullanılması gerekir. Koruma iletkeni parafudrdan akan akımı yaklaşık olarak % 33 oranında azaltmaktadır.
2. Gerilim seviyesi 66 kV 'a kadar olan hava hatlarının tamamı boyunca koruma iletkeni kullanılması zorunlu değildir. Ancak bu durumda faz-toprak arızası olan yer civarında hayat tehlikesini ortadan kaldırmak için trafoların nötr noktasına Petersen bobini yerleştirilmelidir.
3. 154 kV'luk hatlarda toprak elektrodu 20 ohm dan ve direklerle düşen yıldırım atomları 50 kA 'den az olabildiği sürece hattın tamamı boyunca koruma iletkenine gerek bulunmamaktadır. Ancak, bu hatlarda açmalar artacak olursa, o zaman koruma iletkeni tesis olunmalıdır. Bu nedenle 154 kV'luk hatların koruma iletkeni kullanılacak şekilde dizayn edilmesi gerekir. Bununla birlikte 380 kV'luk ana iletim hatlarında olduğu kadar, 154 kV'luk ana dağıtım hatlarında da koruma iletkeni kullanılması yerinde olacaktır.

2.1. Koruma İletkenlerinin Hava Hattına Düşen Yıldırımlara Etkisi

Toplam uzunluğu 2000 km olan bir hava hattı şebekesinde dört senelik bir sürede hava hatlarında koruma iletkeni sayısına göre faz iletkenlerine, direklerle ve koruma iletkenleri ile menzil ortasına düşen yıldırım miktarı Tablo 1 ve Tablo 2 'de verilmiştir.

Tablo 1. Direklere düşen yıldırım miktarı

Koruma iletkeni sayısı		0	1	2	3
Düşen yıldırım	Faz iletkenlerine %	47	5	-	-
	Direğe ve koruma iletkenlerine %	53	95	100	100

Tablo 2. Direklere ve menzil ortasına düşen yıldırım miktarı

Koruma iletkeni sayısı		0	1	2	3
Düşen yıldırım	Direklere %	53	34	21	9
	Menzil ortasına %	47	66	79	91

Faz iletkenlerine düşen yıldırımlarla meydana gelen aşırı gerilim dalgası, istasyona doğru ilerler. Koruma tertiplerinin deşarjı halinde geçecek deşarj akımının çok yüksek değerler alıp bunları tahrip etmemesi istenir. Bunun için istasyona doğru ilerleyen aşırı gerilim dalgasının hava hattı karakteristik empedansının tam değeri ile etkilenmesini sağlayacak kadar olan bir uzunlukta faz iletkeninden geçmesi sağlanmalıdır. Karakteristik empedans, hava hattı izolatör zincirinde veya parafudrun dış izolasyonunda başlangıçta muhtemel olarak atlama yapacak gerilimin genliğinin de % 60 oranında azalmasını sağlamaktadır. Buna göre hava hattı faz iletkenlerine yıldırım ile yapılan gerilim enjeksiyonu istasyondan en az belirli bir mesafede olmalıdır. Bunun için de faz iletkenleri koruma iletkeni ile korunmalıdır.

Hava hatlarında aşırı gerilimin bir kaynağı da, hava hattının üzerindeki yüklü bir bulutun altında bulunan elektrik alanın ani olarak sıfıra düşmesidir. Bu durumda bulut yükü, yıldırım ile toprağa boşalır. Böylece hatta çarpmayan yıldırım, hava hattında yürüyen gerilim dalgası meydana getirir. Hava hatlarında tek koruma iletkeni kullanılması bu gerilimin genliğini yaklaşık olarak % 30, iki koruma iletkeni kullanılması ise % 50 azaltır.

Gerilim seviyesi 66 kV'a kadar hatlarda koruma iletkeni olsa bile bunların civarına düşen yıldırımlarda hat devreden çıkabilir. Yıldırımlarla endüklenen gerilimler açısından, gerilim seviyesi 66 kV'a kadar olan hatlarda koruma iletkeni kullanılması fayda sağlamamaktadır. 154 kV ve daha yüksek gerilimli hatlarda yıldırımlarla endüklenen gerilimlere karşı koruma iletkeni kullanılabilir [2].

3. ELEKTRİK VE MAGNETİK ALAN HESAPLAMALARI

YG enerji iletim hatlarında "Yük Benzetim Yöntemi" (YBY) ile elektrik alan hesabı için önce alanların uygun bir yük ile simülasyonu yapılır. Hava hattı iletkenlerinin alanları için simülasyon yükü olarak, sonsuz çizgisel yük tipi seçilir. Bir iletken üzerindeki yükün, sonsuz uzunluktaki çizgisel yüklerle simülasyonunun yapılması, silindrsel iletkenlerin elektrostatik alanlarının hesabı için bilinen bir yoldur. Yüzeysel yüklerin sonsuz çizgisel yüklerle ayrıştırılması, çeşitli şekilde biçimlenmiş iletkenlerin üç boyutlu alan hesabına da uygulanabilir.

İletkenlerin yerini alacak simülasyon yük tipi belirlendikten sonra, iletim hatlarında elektrik alan hesabı için bu simülasyon yükünün sayısal değerinin hesaplanması gerekir. Bunun için de iletken kesiti üzerinde simülasyon yükünün, sınır noktasının ve kontrol noktasının yerleri belirlenir. Burada simülasyon yükü sayısı kadar, sınır noktası seçilmelidir.

Simülasyon yüklerinin ve sınır noktalarının yerleri keyfi olarak belirlenir.

YG enerji iletim hatlarında gerilim değeri kompleks bir büyüklük olduğundan, (1) ifadesinde potansiyel değeri olarak her bir faz için, gerilimin kompleks ifadesi kullanılır. YG enerji iletim sistemlerinde birden fazla iletken bulunmaktadır, n adet iletken için potansiyel ifadesinin genelleştirilmiş hali

$$V_i = \frac{q_i}{2\pi\epsilon} \ln \frac{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y_i+y)^2 + (z-z_i)^2}}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y_i-y)^2 + (z-z_i)^2}} \quad (1)$$

ile bulunur. Burada $i=1\dots n$ ve $j=1\dots n$ 'dir. Bu denklem yardımıyla n sayıda iletkenin bilinen sınır noktası potansiyellerinden n sayıda bilinmeyen yüklerin bulunması için bir denklem sistemi oluşturulur. Bu sistem

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

şeklinde, n sayıda bilinmeyen ve n sayıda bilinen denklemden oluşan bu sistem, uygun sayısal hesaplama yöntemlerinden birinin kullanımı ile hesaplanır ve q yüklerinin kompleks değerleri bulunur.

Yük değerleri elde edildikten sonra, YG enerji iletim sisteminin herhangi bir A noktasındaki potansiyel ve elektrik alan hesabı kolayca yapılabilir.

A noktasındaki elektrik alanın x, y, z bileşenleri

$$E_x = \frac{q(x-x_i)}{2\pi\epsilon} \left[\frac{1}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y_i+y)^2 + (z-z_i)^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y_i-y)^2 + (z-z_i)^2}} \right]$$

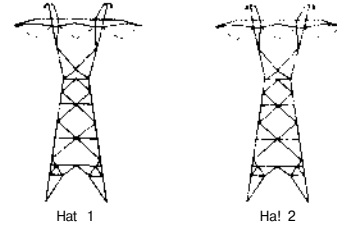
$$E_y = \frac{q}{2\pi\epsilon} \left[\frac{y-y_i}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y_i+y)^2 + (z-z_i)^2}} - \frac{y+y_i}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y_i-y)^2 + (z-z_i)^2}} \right]$$

$$E_z = \frac{q(z-z_i)}{2\pi\epsilon} \left[\frac{1}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y_i+y)^2 + (z-z_i)^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y_i-y)^2 + (z-z_i)^2}} \right] \quad (3)$$

olarak elde edilir [1].

Enerji iletim hatlarında, üç boyutlu magnetik alan şiddeti ifadesi Denklem (4) de verilmiştir. Bu ifadede toprak dönüş akımlarının etkisi ihmal edilmiştir [1, 3].

$$H_n = \frac{I_n}{2\pi r_n \sqrt{(x-x_i)^2 + (y_i-y)^2 + (z-z_i)^2}} \left\{ (y_i-y)u_x + (x_i-x)u_y \right\} \quad (4)$$



Şekil 1. 3 faz - çift devreli 380 kV 'luk hat

Tablo 3. Koruma iletkenlerinin lojik sırası

Durum	Hat 1	Hat 2
1	1	1
2	0	0
3	1	0

4. SAYISAL UYGULAMA

Sayısal uygulamalar, Şekil 1 'de direk tipi verilen 3 faz - çift devreli 380 kV gerilimli Atatürk-Temelli hattının 701-702 nolu direkleri arasında, 701 nolu direklere 100 metre uzaklıkta ve 200 metrelik bir güzergah genişliğinde gerçekleştirilmiştir.

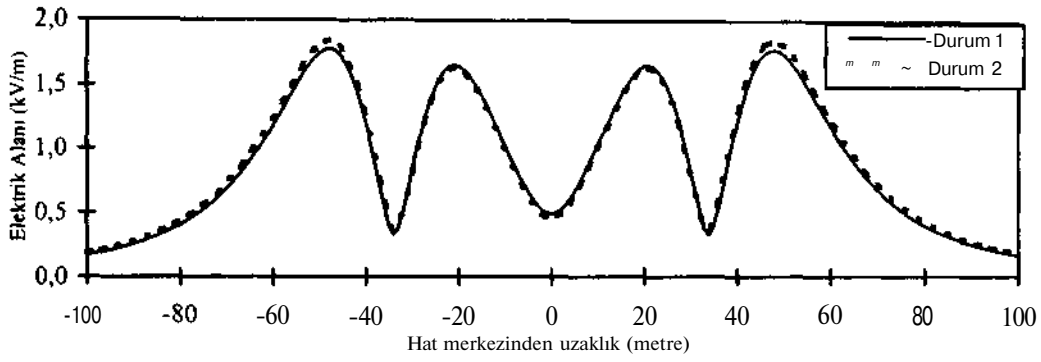
Hesaplamalarda üç durum gözönüne alınmıştır. Bunlar Tablo 2 'de verilmiştir. Sayısal uygulamadan elde edilen veriler Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4 'de gösterilmiştir.

5. SONUÇLAR

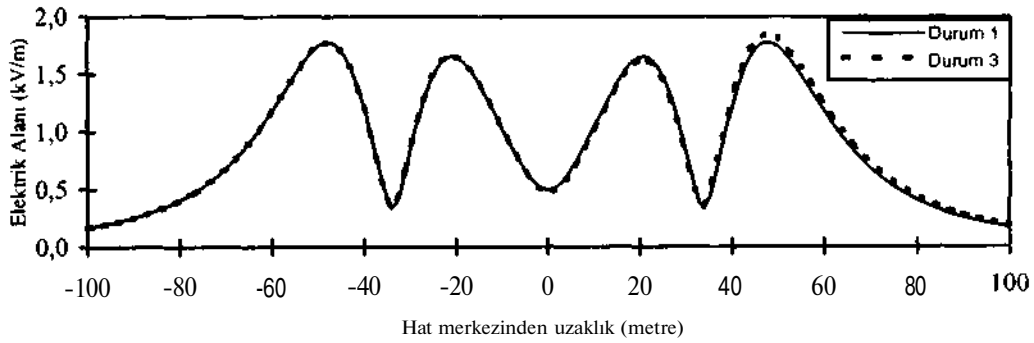
Hatların koruma iletkenlerinin hesaplamalarda gözönüne alınması Durum 1 ile, koruma iletkenlerinin bulunmaması Durum 2 ile ve koruma iletkenlerinin Hat 1 'de bulunması fakat Hat 2 de bulunmaması Durum 3 ile dikkate alınarak Atatürk-Temelli hattının bir bölümü için elektrik ve magnetik alanlar hat merkezinden ± 100 metre mesafeye kadar hesaplanmıştır.

Yapılan sayısal uygulamalardan elde edilen sonuçlar:

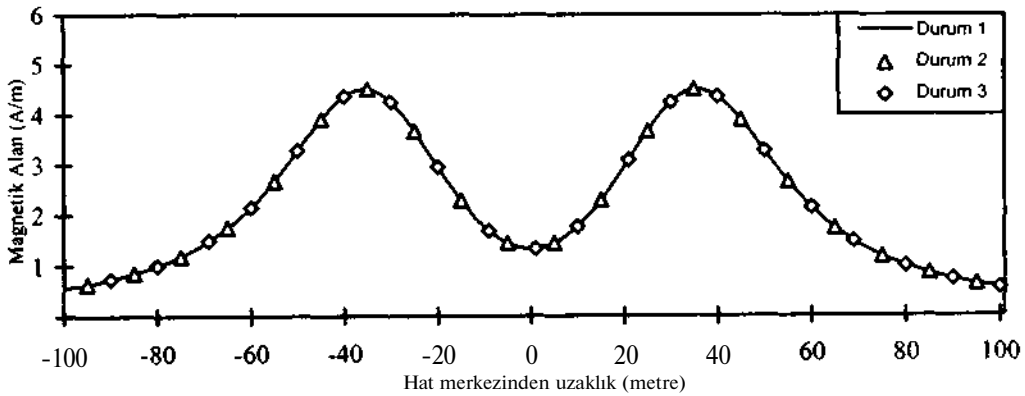
- Durum 1 ve Durum 2 için yapılan elektrik alan hesaplamalarında, Durum 2 'deki alan seviyelerinin Durum 1 'deki alan seviyelerinden yaklaşık olarak % 3 - 5 oranında daha büyük olduğu görülmüştür (Şekil 2).
- Durum 3 için yapılan hesaplamalarda, koruma iletkenlerinin bulunduğu taraftaki (Hat 1) alan değerlerinin, koruma iletkenlerinin bulunmadığı taraftaki (Hat 2) alan değerlerinden daha küçük olduğu görülmüştür (Şekil 3).
- Her üç durum için yapılan magnetik alan hesaplamalarında, koruma iletkenlerinin magnetik alanlara bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 2. Durum 1 ve Durum 2 için elde edilen Elektrik Alanı eğrileri



Şekil 3. Durum 1 ve Durum 3 için elde edilen Elektrik Alanı eğrileri



Şekil 4. Durum 1, Durum 2 ve Durum 3 için elde edilen Magnetik Alan eğrileri

REFERANSLAR

- [1]. N. Umurkan, " Enerji İletim Hatlarında Elektrik ve Magnetik Alan Hesabı ve Biyolojik Etkilerin Değerlendirilmesi", Doktora Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1995.
- [2]. TEK Elektrik Sisteminde Hava Hatlarında Koruma İletkenlerinin Kurulma Esasları, TEK Genel Müdürlüğü, Ankara, Nisan, 1976.
- [3]. EPRI, "Transmission Line Reference Book - 345 kV and Above", Electric Power Research Institute, California, 1987.