



EMO



KTÜ



TÜBİTAK

## ÖNSÖZ

Giderek gelenekselleşen Elektrik Mühendisliği Ulusal Kongrelerinin beşincisinde Trabzon'da buluşuyoruz. EMO ile KTÜ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nün işbirliği ve TÜBİTAK'ın katkısıyla gerçekleşmekte olan Kongremizin başarılı ve verimli geçmesi umundayız. Kongre sonuçlarından kıvanç duymak istiyoruz.

Kongre'de, bugüne kadar yapılmış çalışmalar ve yayınlanmış duyurulardan da anlaşılacağı gibi, bilinen yöntemlerin yanı sıra gelecek yıllara deneyim aktarabilecek yeni yaklaşımlar uygulanmaya çalışılmıştır. Bildiri özetlerinin değerlendirilmesine katılan uzman sayısının sistematik olarak artırılması, değerlendirme biçiminin daha da nesnelleştirilmesi, bildiri kitabında yeni yazım ve sunuş biçimlerinin oluşturulması gibi teknik gelişmelerin dışında ilginç olacağı sanılan panellerle güncel sorunların irdelenmesi ve yöresel öğelerle sosyal etkinliklere renk katılması amaçlanmıştır.

Kongrenin hazırlık ve düzenleme çalışmalarında bazı aksaklıklar olmuştur. Öncelikle kongre kararının olması gerekenden daha geç alınabilmiş olması, özet değerlendirme sürecinin posta trafiğinin çok yoğun olduğu bayram dönemlerine rastlaması hem Yürütme Kurulu'nu hem de Kongre'ye katılmak isteyenleri zor durumda bırakmıştır.

Kongrenin düzenlenmesi sırasında edinilen deneyimler ışığında sorunları çözücü ilkesel önerilerin ortaya konması yararlı olacaktır. Bunları kısaca sıralayabiliriz. Örneğin 6. Kongre'nin ya da kısaca EMUK'95'in nerede ve ne zaman yapılacağını şimdiden kararlaştırmak gerekmektedir. Bundan sonra Konferans olarak adlandırılması daha uygun olacak Kongre için sürekli ya da uzun süre görevli bir 'Ulusal Düzenleme Kurulu'nun oluşturulması ve bu Kurul'un temel ilkesel karar ve yöntemleri üretmesi daha elverişli olacaktır. Kongre'nin yapılacağı konumdaki işleri ise Yerel Düzenleme Kurulu üstlenmelidir. 'Bilimsel Değerlendirme Kurulu'nun da ayrıntılı bir sınıflandırma ve nitelik belirlenmesi ile bir kere oluşturulması, yalnızca gelişen koşullara göre güncelleştirilmesi düşünülebilir.

EMUK, böylesi bir yapılaşma ile daha sağlıklı, zaman planlaması daha verimli bir konferansa dönüşecektir kanısındayız. Örneğin bu durumda bildiri tam metinlerinin değerlendirme ve denetim sürecine girmeleri olanaklı kılınacak, şu ana kadar ancak Yürütme Kurulları'nın ayrıntılı olarak bilincine varabildiği teknik sorunlar ortadan kalkacaktır. Konferansda da içerik ve düzey açısından belirli bir iyileştirme sağlanabilecektir. Bunu en yakında, EMUK'95'de gerçekleşmiş olarak görmek dileğindediriz.

Bilindiği gibi Kongremiz Elektrik, Elektronik-Haberleşme, Kontrol ve Bilgisayar Sistemleri alanlarında bilimsel-teknolojik özgün katkıların tartışılıp değerlendirilmesi ile araştırma, geliştirme, uygulama ve eğitim süreçlerindeki kişi ve kuruluşların birbirleriyle doğrudan iletişimini sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca sosyal yakınlaşma ve dayanışmaya da

katkıda bulunmaktadır. Ancak Kongre ve onunla birlikte oluşturulan sergi/fuarın çok değerli bir 'Mesleki Eğitim ve Geliştirme' aracı olduğu bilincinin kişi ve kurumlarda daha çok yerleşmesi için çaba gösterme gereği de ortaya çıkmaktadır.

Kongrenin gerçekleşmesini sağlayan, hazırlık ve düzenlemeleri üstlenen KTÜ, EMO ve TÜBİTAK'a, oluşturulmuş olan kurulların üyelerine, ayrıca burada adlarını saymakla bitmeyecek kişi ve kamu - özel - akademik nitelikli kuruluşlara, yardım ve katkıları nedeniyle, Kongre'nin yararlı sonuçlarını paylaşacak olan topluluğumuz adına teşekkürlerimizi sunmak isteriz.

Kongremizin başarılı ve verimli bir biçimde gerçekleşmesi, ülkemiz için bilimsel - teknolojik kazanımlar üretmesi dileğiyle Yürütme Kurulu olarak saygılarımızı iletiriz.

Doç. Dr. Güven ÖNBİLGİN  
Yürütme Kurulu Başkanı

# ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

## YÜRÜTME KURULU

Güven ÖNBİLGİN (K1U)  
Yakup AYDIN (EMO) Sefa AKPINAR (KTU)  
Canan TOKER (ODTÜ) Kaya BOZOKLAR (EMO)  
Hasan DINCER (KTU) A.Oğuz SOYSAL (IU)  
Abdullah SEZGİN (KTU) İrfan SENLİK (EMO)  
Kenan SOYKAN (EMO) Y.Nuri SEVGEN (EMO)

## DANISMA KURULU

Rasim ALDEMİR (BARMEK) Mehmet KESİM (Anadolu U)  
Teoman ALPTURK (TMMOB) Macit MUTAF (EMO)  
Ahmet ALTINEL (TEK) Erdi ne ÖZKAN (PTT)  
İbrahim ATALI (EMO) Kamil SOĞUKPINAR (TETSAN)  
Malik AVIRAL (ELİMKO) Sedat SİSBOT (METRONİK)  
Emir BİRGUN (EMO) Atıf URAL (Kocaeli U.)  
Sıtkı ÇİĞDEM (EMO) I. Ata YİĞİT (EMO)  
R. Can ERKÖK (ABB) Fikret YÜCEL (TELETAS)  
Bülent ERTAN (ODTÜ) Hamit SERBEST (CU) —  
Uğur ERTAN (BARMEK) Canan TOKER (ODTÜ)  
İsa GÜNGÖR (EMO) Nusret YUKSELER (ITU)  
Ersin KAYA (Kaynak) Kemal ÖZMEHMET (DEU)  
Okyay KAYNAK (Boğaziçi U)

## SOŞYAL ETKİNLİKLER KURULU

Y. Nuri SEVGEN (EMO)  
Necla ÇORUH (PTT) Hatice SEZGİN (KTU)  
Esen ÖNKİBAR (TEK) Yusuf TANDOĞAN (PTT)  
Abdullah SEZGİN (KTU) Ömer K. YALCIN (TELSER)

## SEKRETERLİK HİZMETLERİ

Necmi İKİNCİ (EMO) Elmas SARI (EMO)

BİLİMSEL DEĞERLENDİRME KURULU

Cevdet ACAR (ITU) Hayrett in KÖYMEN (Bil. U)  
İnci AKKAYA (ITU) Hakan KUNTMAN (ITU)  
A.Sefa AKPINAR (KTU) Tamer KUTMAN (ITU)  
Ayhan ALTINTAŞ (BiI.U) Duran LEBLEBİCİ (ITU)  
Fuat ANDAY (ITU) Kevork MARDIKYAN (ITU)  
Fahrett in ARSLAN (IU) A.Faik MERGEN (ITU)  
Murat ASKAR (ODTÜ) Avni MORGUL (Boğaziçi U)  
Abdullah ATALAR (BiI-U) Güven ÖNBİLGİN (KTU)  
Sel im AY (YTU) Bülent ÖRENCİK (ITU)  
Ümit AYGÖLU (ITU) Bülent ÖZGUC (BiI.U)  
Atalay BARKANA (Anadolu U) A.Bülent ÖZGÜLER (BiI.U)  
Mehmet BAYRAK (Selçuk U) YiImaz ÖZKAN (ITU)  
At i I la BİR (ITU) Muzaffer ÖZKAYA (ITU)  
Galip CANSEVER (YTU) Kemal ÖZMEHMET (DEU)  
Kenan DANIŞMAN (Erciyes U) Osman PALAMUTCUOĞLU (ITU)  
Ahmet DERVİSOĞLU (ITU) Erdal PANAYIRCI (ITU)  
Hasan DİNCER (KTU) Hal it PASTACI (YTU)  
M.Sezai DİNCER (Gazi U) Ahmet RUMELİ (ODTÜ)  
Günsel DURUSOY (ITU) Bülent SANKUR (Boğaziçi U)  
Nadia ERDOĞAN (ITU) M.Kemal SARIOGLU (ITU)  
Aydan ERKMEN (ODTÜ) Müzeyyen SAR I TAS (Gazi U)  
İsmet ERKMEN (ODTÜ) A.Hami t SERBEST (CU)  
H.Bülent ERTAN (ODTÜ) Osman SEVAİOĞLU (ODTÜ)  
Selçuk GEÇİM (Hacettepe U) A.Oğuz SOYSAL (IU)  
Cem GÖKNAR (ITU) Taner SENGÖR (YTU)  
Remzi GULGUN (YTU) Emin TACER (ITU)  
Filiz GUNES (YTU) Nesr in TARKAN (ITU)  
İrfan GÜNEY (Marmara U) Mehmet TOLUN (ODTÜ)  
Fikret GÜRGEN (Boğaziçi U) Osman TONYALI (KTU)  
Fuat GURLEYEN (ITU) Ersin TULUNAY (ODTÜ)  
Cemi I GURUNLU (KTU) Nejat TUNCAY (İTU)  
Nurdan GUZELBEYOGLU (ITU) At if URAL (Kocael i U)  
Emre HARMANCI (ITU) Alper URAZ (Hacettepe U)  
Al tuğ İFTAR (Anadolu U) Gökhan UZGÖREN (IU)  
Kemal İNAN (ODTÜ) Yıldırım UCTUG (ODTÜ)  
Asım KASAPOGLU (YTU) Asaf VAROL (Fırat U)  
Adnan KAYMAZ (ITU) Siddik B. YARMAN (IU)  
Ahmet H. KAYRAN (ITU) Mümtaz YILMAZ (KTU)  
Mehmet KESİM (Anadolu U) Melek YÜCEL (ODTÜ)  
Erol KOCAOĞLAN (ODTÜ) Nusret YUKSELER (İTU)  
Muhammet KOKSAL (İnönü U) Selma YUNCU (Gazi U)

ENERJİ İLETİM HATTI GÜÇ FREKANSLI ALANLARININ ÇEVRE VE İNSAN SAĞLIĞI ACISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yed. Doç- Dr. Kemal ERDOĞDU

Elk. Yük. Müh. Kenan SOYKAN

KTU  
MÜH. MİM. FAK.  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MUH. BDLÜMu  
61080 TRABZON

ÖZET: 1000 ve 1500 kV'lık enerji iletim hatlarının kullanımına geçmesinin uygun olacağı düşünülen günümüzde, zaman zaman iletim hatlarından yayılan elektrik ve magnetik alanların bazı çevre etkilerine yol açtığı kuşkusuz yoğunluk kazanmakta ve insanların tepkisini çekmektedir. Gerek bu kuşkuları gidermek, gerekse artan gerilim düzeyinin doçsurabileceği etkileri belirlemek üzere son yıllarda tüm güç-frekanslı alanların ölçülmesi, hesaplanması ve etkilerinin belirlenmesi için kapsamlı ve uzun dönemli araştırmalar yapılmaktadır.

Bu çalışmada, günümüze kadar yapılan araştırmaların sonuçlarına dayanarak, iletim hatlarından yayılan elektriksel ve magnetik alanların olası etkileri değerlendirilmiş, ülkemiz açısından durum tartışılmıştır.

## 1. GİRİŞ

Enerji iletim hatları alan etkileri üzerine ilk araştırmalar 60'lı yılların ortalarında korona üzerine yapılan yayınlarla başlamış, 60'ların sonlarında ilgi duyulabilir gürültü üzerinde yoğunlaşmışlardır. 765kV enerji iletim hatlarının kullanılmasının öneri idini 1970'lerin başında, tartışmalar artmış, o yılların sonlarında SSCB'den alınan "Elektrik alanlarının biyolojik etkileri üzerine kayıtlar" ile yön'den 5 tirmis ve yapılan çok sayıda araştırmayla günümüze dek gelinmiştir.

İletim hattı alanlarının insan sağlığı ve çevre üzerine etkilerini inceleyen araştırmalar başlangıçta, halicin bu konudaki duyarlılığını ve tepkisini önlemeye ve daha çok, hatlarda sağlık üzerine hiçbir etkinin olmadığını kanıtlamaya yönelikti. Sonraları uzun dönemli ve tümlşik araştırmalar başlatılmış, alanların ölçülmesi ve hesaplanmasına yönelik uygun ölçme ve hesaplama yöntemleri geliştirilmiştir.

Enerji iletiminde 765I.V aibi yüksele gerilim düzeyleri nedeniyle, alan etkileri konusunda odak olmasına karşın, çevremizde artan sayıdaki ev aletleri ve sanayide kullanılan bazı elektrikli aygıtlarda araştırma konusu olmaktadır. Çünkü, elektriksel ve magnetik alanların sağlık üzerine etkisinde genliğin yanı sıra, uzun süre karşılaşmanında etkili olabileceği düşünülmektedir.

Güç frekanslı elektrik ve magnetik ajanların çevre etkileri konusunda şimdiye değin yapılan araştırmaları şu başlıklar altında toplamak mümkündür.

I-Bivolojik etkilerin belirlenmesi ve etki mekanizmasının araştırılması

- a) Hücre ve organ araştırmaları
- b) Hayvan ve bitki deneyleri
- c) İnsanlı deneyler

2-İletim ve dağıtım hatları altında güç frekanslı alanların belirlenmesi

- a) Hesaplanması
- b) Ölçülmesi

3- Elektrikli aletler ve salt sahalarında güç frekanslı alanların belirlenmesi

a) Hesap 1 asrınası

b) Ölçülmesi

4- Etkilerin sınırlandırılması ve giderilmesi

Genel olarak bu ana başlıklar altında toplanabilen 1970' li yıllarda başlayan çalışmaların geniş bir özeti 1981 yılında Bridges ve Preache tarafından yayınlandı[1].

1986 yılında Kanada C2H ve 1988 yılında Hawaii'de C3] düzenlenen iki -farklı sempozyumda sunulan bildirilerle konu enine boyuna tartışılmış ve elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

1987 yılında Carstensen, iletim hattı alanlarının biyolojik etkileri hakkında yayınladığı kitabında, o güne kadar elde edilmiş sonuçları ve yapılan çalışmalarını derlemiştir[4].

Konu üzerine ülkemizde, belkide ilk çalışmalar Elektrik Mühendisliği Dergisi' nde 1977 yılı Eylül ve Ekim sayılarında yayınlanan çalışmalardır.

Daha sonraki tarihlerde birkaç bildiri sunulmasına ve 1991 yılında Şeker ve Çerezci tarafından yayınlanan kitaba rağmen, konunun ülkemizde yeterince bilinmediğini söylemek güçtür.

## 2. İLETİM HATTI ALANLARI

Farklı birincil kaynaklardan üretilen elektrik enerjisi, yüksek gerilimli enerji iletim hatlarıyla yük merkezlerine ulaştırılır.

Daha büyük güçlerin, daha yüksek verimle daha uzaklara iletilebilmesi için, enerji taşınmasında yüksek gerilim kullanılmaktadır. Yüksek gerilimle enerji iletiminin bir diğer yaranda daha dar geçit alanı kullanmanın yaratacağı ekonomiklik ve daha az çevre kirliliğidir. 1000 ve 1500 kV ile enerji iletiminin teknolojik açıdan uygun olduğu düşünülen dünyamızda, ülkemiz için enerji iletiminde kullanılan en yüksek gerilim düzeyi 380 kV dur.

İletim hatları, hemen hemen sabit bir gerilim ve gün boyunca istatistik! değişen akımlar taşırlar. 50-60 Hz Frekanslı bu gerilim ve akımlar iletkenin fiziksel sınırları dışında elektromagnetik alanlar yaratır. Bu alanlar yönü, doğrultusu ve genliği zaman ve konuma bağlı olarak değişen vektörel büyük küklerdir.

Benlikleri ve olası etkileri açısından değerlendirildiğinde iletim hattı güç frekanslı alanları ikiye ayrılarak incelenebilir. İletken yüzeyi alanları ve yer seviyesi alanları. Yer seviyesi alanlarından yüzlerce kat büyük olan iletken yüzeyi alanları ozon üretimi, duyulabilir gürültü ve radyo-TV girişiminin kaynağı olabilmektedir[53].

Yer seviyesi alanları ise canlılarla ve bazı duyarlı elektronik aygıtlarla girişim yapabilirler.

Yer seviyesi alanları, iletken yüzeyi ve civarındaki alanlardan yüzlerce kez düşük olmasına rağmen, özellikle elektrik alanı için, günlük yaşamda kullandığımız pek çok elektrikli ev aletlerinin güç frekanslı alanlarından daha büyüktür. Drneğin, elektrikli battaniye yakınında elektrik alanı 250 V/m değerini alıyorken, bu değer 765 kV" luk bir enerji iletim hattı altında 12kV/m olabilmektedir. 2000 A akım taşıyan 765 kV luk bir iletim hattının yer seviyesi magnetik alanı ise 300mB' lar civarındadır ki, bu flouresant lambanın 5 cm uzağındaki alan değeri 200 mğ'a oldukça yakın, kaynak makinasının 50 cm uzağındaki 1000 mg değerinden ise epeyce küçüktür.

Dte yandan magnetik olarak indüklenen gerilimler, elektrik alanı ile indüklenenlerden defalarca küçük olmalarına rağmen insan üzerinde tehlikeli akımlar akıtılabilmektedirler. Bu fark, magnetik olarak indüklenen gerilimin akım akışına daha küçük kaynak empedansı göstermesinden kaynaklanır.

İletim hatları güç frekanslı alanların yanısıra daha düşük gen

likli radyo frekanslı alanlar da yayarlar. İler iki frekansta iyanizasyon frekansının çok altındadır [5]. En yüksek radyo frekansı 300 GHz bile, en düşük iyanizasyon radyasyonu frekansından (10 fiiiyon Bz)' den çok küçüktür.

Ayrıca ne iletim hattı uzunluğu ne de çevresinde bulunan nesnelere dalga boyuna göre (50 Uz itin 6000 km ) önemli büyüklükte değildirler. Bu nedenle, bu alanları radyasyon olarak ele almak yanlılıclıdır.

### 3. ALAN DEĞİŞİMLERİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER

iletim hattı etrafında herhangi bir noktada alan büyüklükleri yalnızca iletim hattı akım ve gerilimlerine bağlı değildir. Hattın yerden yüksekliği, arazinin yapısı, faz iletkenlerinin düzeni, cedrede  $\sqrt{r}$  olan iletken nesnelere boyut ve biçimleri de alanları etkiler. Bu nedenle iletim hatları çevreleriyle birlikte değerlendirilince, alanların belirlenmesi daha çok ölçme programlarının konusuymuş gibi düşünülebilir. Yine de bazı yaklaşımlar ve çeşitli yöntemler kullanılarak iletim hattı alanlarının gerçeğe yakın hesabı mümkündür.

Günümüze değin yapılan ölçme ve hesaplama programlarını içeren çalışmalar derlendiğinde aşağıdaki sonuçlar çıkmaktadır:

-50 veya 60 Hz gibi düşük frekanslarda elektrik ve magnetik alanlar bağımsız büyüklükler olarak ele alınabilmektedir.

-Yer yüzeyinin hesaba katılmadığı durumlarda yapılan alan hesaplamaları oldukça hatalı sonuçlar verir. Özellikle elektrik alanının hesabında yer yüzeyi mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Yer yüzeyindeki düzensizlikler çok abartılı olmadığı sürece yer yüzeyi sonsuz düzgün olarak kabul edilebilir. Magnetik alanın belirlenmesinde ise, eğer yer altından yüzeye yakın başka iletkenler geçmiyor ise daima derinlisinin çok fazla olması nedeniyle yerin varlığı ihmal edilebilir.

-Hat sarkmalarının ve direklerin alanlar' üzerine, göz ardı edilebilecek düzeyde de olsa belirli etkileri vardır ve ayrıntılı alan incelemelerinde hesaba katılmalıdır.

-Topraklama iletkenlerinin varlığı yer yüzeyindeki alanların tüçim ve büyüklüğünü hemen hemen hiç etkilememektedir, bir başka deyişle ihmal edilebilir ölçülerde az etkiler.

-Faz iletkenlerinin demetlerden oluşması, yer yüzeyi alanlarının alanlarının belirlenmesinde etkin değildir. Her faz eşdeğer bir iletken olarak düşünülebilir.

-Çevrede bulunan iletken nesnelere alan üzerine etkisi daha çok, yerel ölçümle birlikte yine de önemli olabilmektedir. Çeşitli ölçme ve hesaplama çalışmaları özellikle bu konuda yoğunluk kazanarak sürmektedir.

-Hat gerilimlerinin gün boyunca sabit kabul edilir olmasına karşın, akımın yüke bağımlı olarak sürekli değişmesi bir bölgede magnetik alanı değiştiren önemli etkidir. Bu nedenle iletim hatları altında magnetik alanlar istatistik olarak göz önüne alınmalıdır.

-Yer yüzeyindeki elektrik alanının yatay bileşeni çok küçüktür, bu nedenle elektriksel alan düşey bileşen olarak kabul edilebilir.

-Hat iletkenlerinin yer yüzeyine yaklaşmasıyla iletkenler altındaki bölgelerde, elektriksel alan önemli ölçüde artarken, iletkenlerden uzaklaşırken azalır. Tek bir iletkenin yere yaklaştırmâsının etkisi de aynı şekilde ancak yerel olmaktadır.

Magnetik alan bileşenlerinde ise her iki durumda da artma gözlenir.

-iletkenler" arası açıklıkların azaltılması genellikle elektrik ve magnetik alan bileşenlerini yer seviyesinde azaltmaktadır.

-Eşdeğer iletken yarıçaplarının düşürülmesi elektrik alanını bir miktar azaltmaktadır.

-Elektrik alanları denge-



sız gerilimlere, magnetik alanlar ise al. ırn dengesini il, lerine olduk-  
ça duyarlıdır.

-becit içinde bulunan da-  
ha düşük gerilimi i enerji ileElim  
halleri da lentli leine yalan böl-  
I)CIerde tlel; Lrik di iildi'ini aZal-  
1. ırlar.' llağnctik alanlar ise ar-  
tar.

•tfğ l'ini i arazide dırel. bo-  
yu aynı tutulursa, ıJetim hattı  
iletkenleri dır bölcjede yere yaI--  
lâşacalılanndarı, o bölgede elekt-  
ı iksel ve magnetik alanrılar arta-  
cak tır.

-üçgen hatlarda, dış ilet-  
kenler yaklaştığı ve orta iletken  
yükseltildiği için özellikle uzak  
bölgelerde elektrik alanı önemli  
ölçüde azalmaktadır. Magnetik a-  
janlar ise tüm bölgelerde azaJır-  
lar.

-Cıft devre hatlar, ilet-  
kenler arasında kulan bo) fıç-lerde  
cici- trık alanlarını önemli ölçücj  
arttırıl I en, dış taral'laı a clOT;ı u  
asaltır. llaynetik alan bilecenleri i  
ise tek devre hatlara göre aynı  
akım içi yarıdan -Fazla azalmakta-  
dır.

#### 4. ÇEVRE VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLER

Bir Y.G' li enerji iletim  
hattının çevre ve insan safıl içi)  
üzerinde bir takım olumsuz etki-  
lei i eskiden beri bilinmel. tedıı .  
Duyarlı elektronik aygıtlarla çjı-  
rişlm, yanıcı ve patlayıcı madde'  
Ierin yakınında oluşabilecek kı-  
vılcımlar ya da çevrede ki dazı  
büyük iletken nesnelere alın-  
cak kıvılcım şokları bunlardan  
bazı larıdır.

Günümüzde ise elektrik ve  
magnetik alanların özellikle in-  
sanlar üzerindeki etkileri ara-i-  
Ilı ılmaktadır. iletim hattı alan-  
larının insan üzerine 4 biçimde  
etki ettiği bilinmektedir.

1-Iletim hattı altındaki  
bir iletkene doğrudan Temas ile  
akacak surekli akımlar.

2-IIetim hattı altındaki  
bir iletkene, havanın elektriki  
kırılma potansiyelini aşacak ka-  
dar yaklaşıldığında vücuttan aka-  
cak geçici akımlar' veya kapasitif

yük boşal ımları

3-Elekll iI. sel alanlar yo-  
luyla doğrudan indüklenedi lecek  
alanlar'.

4-nagnetik alanlar yolu-  
la dogruclan indüklenebilu>cek alan  
lar.

Bazı durumlarda bu etkiler-  
den yalnız biri ile karşı lasıla-  
lıılmeşine rağmen bazen birkaçı  
aynı anda ortaya çıkabilmektedir.

Yüksek gerilimle enerji ile-  
timi ekonomik ve teknik nedenler  
ile kaçınılma zdır. Buna bağlı ola-  
rak artan gerilim ve akım düzey-  
leri ile birlikte çevreye yayı-  
lan elei trik ve magnetik alanlar-  
da artmaktadır.

76ü kV luk bir iletim hattı  
altında 12l, V/m değerine çıkabilen  
elektrik alanları günlük yaşamda  
kullanılan elektrikli ev aletle-  
ri rınl ine içinla çok yüksektir.  
Magnetik alanlar ise karşılaştı-  
ıı l abii ir düzeydedir.

ilerek önceden bilinen gerek-  
se riüü l; j yi İla üzerinde durulan  
alin etkileri konusunda günümze  
di-Çin vâfjiliin araştırmalardan  
aş.ifi idaki sonuçlar çıkmaktadır.

-L: iektial. ve magnetik  
alanlardan etkilenme mekanizması  
henüz yeterince acık değildir.

-Güç frekanslı alanlar i-  
çinde doku içi elektrik alanı dış  
alanın 1/100000' i kadardır. Bi-  
yoIo) ik doku]arda magnetil. dipol-  
lei' in azlığı nedeniyle mârjnetik  
alanlar ile girişim de çok zayıF-  
tır. Böylelikle her iki alanın  
doğrudan indükleme etlisi iletim  
hattı altında küçük olacaktır.

-8kV/m' lik elektrik alan-  
larını birçok insan titreme biçi-  
minde algılayabilir. Rahatsızlık  
verici bir algılama ise ancak 20  
kV/rn' den büyük alanlarda oluşabi-  
lir. 1 kV/m' lik doku içi alanı'  
birkaç saniye Kilitirne öldürücü o-  
labılır.

-Bir enerji iletim hattı  
altında oluşan rru-ıagnetil> alanlar  
1 'bH:' den küçüktür. insanda doğ-  
rudan duyarlık yaratacak bir al-  
gılama için geıeI. Iı magnetik alan  
dü;e>ı ise bu değerden çok daha  
fazladır. Örneğin görme duyusunda  
geçici bozukluklar yaratabilecek  
magnetik alan düzeyi 400-800G ka-  
dardıI'.

-Çok düşük frekanslı alanlar ile uzun süre karşılaşmanın büyüme ve gelişmeyi etkilediği belirlenmiştir. Cesiilli bitki örnekleri ile yapılan araştırmalar" 100 V/m' den küçük doku içi alanlarının etkisinin olmadığını ,500 V/m\* nin üzerinde ise büyümenin durduğunu göstermiştir.

-Bitkiler üzerinde yapılan çalışmalar sivri yapraklı bitkilerin 15 -20 kV/m , yuvarlak yapraklıların ise 50 kV/m elektiriksel alanda korona olayı ile karşı taştıklarını göstermiştir. Yapı-ak uçlarında oluşan korona, bitkinin genel sağlığını etkilememektedir.

-Üsük frekanslı alanların bazı hawa.nlarca algılanabildikleri anlaşılmıştır. Ancak gerek frekans, gerek genlik olarak etkiyi doğuran alanlar, iletim hattı yer seviyesi alanlarından farklıdır.

-2 kV/rn düzeyinde elektiriksel alanlar bazı kalp pilleri ile girişim yapabilmektedir. Bunun sonucu kalp atış hızı değişebilir veya kalp durabilir.

-Kanser ve soyda bozulma gibi henüz kesinlik kazanmamış etkiler için öne sürülen alan değerleri de bir enerji iletim hattı altındaki alan seviyelerinden çok daha büyüktür.

-İletim hatları altındaki iletken nesnelere, yük boşalımı veya sürekli akımların kaynağı olabilirler, ancak bu yük ve akımlar genellikle algılama eşiği civarındadır.

-En kötü koşullar göz önüne alındığında, alan girişini içeren binalar, çit teller, gömülü borular ve bazı büyük araçlardan algılama eşiğinin çok üzerinde akımlar alınabilir.

-Kuramsal olarak 5 kV/m' lik elektrik alanı içinde durmakta olan, yakıt yüklü bir araçta bir takım olumsuz koşulların aynı anda var olfması yakıt tutuşmasına yol açabilir.

-Elektrik enerjisi ile patlatılan patlayıcılar için zamansız patlama tehlikesi doğabilir.

-İletim hattı alanları, duyarlı elektronik donanımla da girişim yapabilir.

•-<?>

## 5. SONUÇ

Bir enerji iletim hattı altında oluşabilecek en yüksek seviyeli alanların oluşturduğu sağlık riskleri bile, hayatın diğer riskleri ile karşılaştırıldığında oldukça önemsizdir. En azından, günümüze kadar elde edilen bulgular ile tersini savunmak anlamsızdır. Buna rağmen konu insan yaşamını doğrudan ilgilendirmekte ve araştırmalar sürmektedir.

Konu ülkemiz açısından değerlendirildiğinde, halen enerji iletiminin 380 kV/m ile geçiştirilmesi yüzünden iletim hatlarının yer yüzeyinde yarattıkları alan düzeylerinin çok düşük olduğu görülecektir ( 200-300 V/m gibi). 765 kV'luk hatlar altında ki alan düzeyleri ile karşılaştırıldığında fazlaca bir önemi yoktur.

## 6. KAYNAKLAR

1. Bridges, J.E.. Biologi CB1, Influences of Power Frequency Electric Fields-A Tutorial Review from a Physical and Experimental Viewpoint, Proceeding of The IEEE, VOL. 69, No 9, September 1981, 1

2- International Utility Symposium, 1986, Toronto, Health Effects of Electrical and Magnetic Fields.

3. U.S.-Japan Seminar on Electric and Magnetic Interference in High Voltage Systems, August, 1988, Hawaii

4. Carstensen, E.I., Biological Effects of High Voltage Lines, Elsevier Science Publishing Co. 1987

5. IEEE PES, Corona and Fields Effects of AC Overhead Transmission Lines Information for Decision Maker, 1985

ÜZGEÇMİS: 1967 yılında  
da Samsun'da doğdu.  
İH, orta ve lise  
•öğrenimini Samsun'da  
tamamladı. 1994 yılı  
linda İTÜ Müh. Mim.  
Fak. Elektrik-Elekt-  
ronik Müh. Bölümünü  
kazandı. 1989' yi-  
linda Elektrik Müh-  
hendisi ünvanıyla mezun oldu. 1991  
yılı KTÜ Fen Bil. Ens. Elk. Müh. Bö-  
lümünde yüksek lisans öğrenimini  
ve Elektrik Tesisleri Anabilim Da-  
linda araştırma görevlisi olarak  
çalışmaya başladı. 1993 yılında  
yüksek lisans terimini bitirerek,  
Elektrik Yüksek Mühendisi ünvanını  
aldı.

ENERJİ SİSTEMİ ERİNDE MEYDANA ÇEKEN YILDIRIM AŞIRI  
GERİLİMLERİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANALİZİ

Erpin Erçelci  
Gaziantep Üniversitesi  
Elektrik-Elektronik Müh. Böl.  
Gaziantep

fi. Uğur ünver  
Sakarya Üniversitesi  
Elektrik-Elektronik Müh. Böl.  
Sakarya

ÖZET

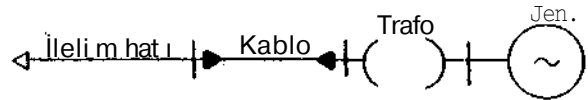
Yıldırım, iletil sistemlerinde aşırı gerilişlerin oluşmasına neden olabilmektedir. Meydana gelen aşırı bu gerilişler güç trafolarına ve salt teçhizatına zarar verebilir. Bu nedenle, yıldırım\* aşırı gerilimlerinin etüdü sistesinde kullanılacak koruyucu aygıtlarının ve sistemin izolasyon düzeyinin belirlenmesinde büyük önemi an etmektedir. Bu bildiride iletil hatlarına yıldırım düşmesi halinde meydana gelen aşırı gerilişler bilgisayar yardımıyla incelenmiştir.

1.GİRİŞ

Bu çalışmada yıldırımın havai nakil hattı, yeraltı güç kablosu ve trafo içeren bir enerji sistemine düşmesi sonucu meydana gelen aşırı gerilimler incelenmiştir. Sistemin değişik işletme koşullarındaki muhtelif durumlar ele alınmıştır: Kablo uzunluğu, nakil hattı uzunluğu, çok devreli iletil sistemleri, ve yıldırımın faz veya toprak iletkenine düşmesi gibi muhtelif durumların meydana gelen geçici aşırı gerilimler üzerine olan etkileri sırayla incelenmiştir. Değişik cephe ve sırt zamanları olan yıldırım dalgalarının sistemde meydana gelen aşırı gerilimler üzerindeki etkileri de ayrıca etüt edilmiştir.

Yıldırım düşmesi sonucu sistemde meydana gelen aşırı gerilim ve akımları hesaplamak için değişik analitik metotlar mevcuttur. Bu çalışmada çözüm metodu olarak modal analiz ve tadil edilmiş Fourier dönüşüm metodu kullanılmıştır. Bu metot kullanılarak, meydana gelen aşırı gerilim değerleri önce frekans bölgesinde, daha sonra Fourier dönüşümün tersi alınarak zaman bölgesinde bilgisayar yardımıyla hesaplanmış ve gerilimlerin dalga şekilleri elde edilmiştir. Yıldırım darbesi çift üstel i f adt? şeklinde temsil edilmiştir. Sistemin transfer fonksiyonunun matematiksel formülü elde edilirken sistem parametrelerinin frekansa bağımlılığı bu metot sayesinde kolaylıkla ele alınmıştır.

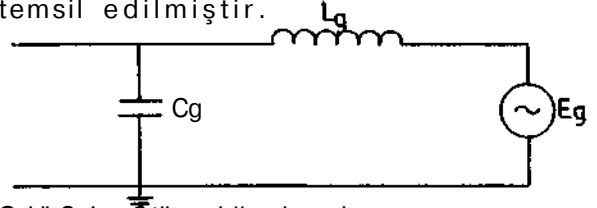
2. YILDIRIMIN GEÇİCİ REJİM ANALİZİ  
Bu çalışmada ele alınan iletil sistemi şekil 1' de gösterilmiştir. Jeneratör iletil hattını, üç fazlı trafo ve yeraltı güç kablosu vasıtasıyla beslemektedir.



Şekil 1 Jeneratör, trafo, kablo, iletil hattı içeren sistemin görünüşü

2.1 Jeneratörün Temsil Edilmesi

Şekil 2' de gösterildiği gibi, jeneratör toplu parametreler şeklinde temsil edilmiştir.



Şekil 2 Jeneratör eşdeğer devresi

Jeneratörün eşdeğer empedansı:

$$Z_g = \frac{L_g / C_g}{j(\omega L_g - 1 / \omega C_g)} \quad (1)$$

eşdeğer admittansı:

$$Y = \frac{1}{j\omega L_g} + j\omega C_g \quad (2)$$

dir.

2.2 Trafonun Temsil Edilmesi

Şekil 3' te tek fazlı bir trafonun eşdeğer devresi gösterilmektedir. Bu devreden faydalanılarak aşağıdaki akım denklemleri yazılabilir.

Primer sarqsısı için akım denklemleri:

$$I_1 = i_1 + C_{01} P V_1 + C_{11} P (V_1 - V_1') + C_{12} P (V_1 - V_2) \quad (3)$$

$$I_1' = i_1' - C_{01} P V_1' + C_{11} P (V_1 - V_1') - C_{21} P (V_1' - V_2') \quad (4)$$

Segonder sarqsısı için akım denklemleri:

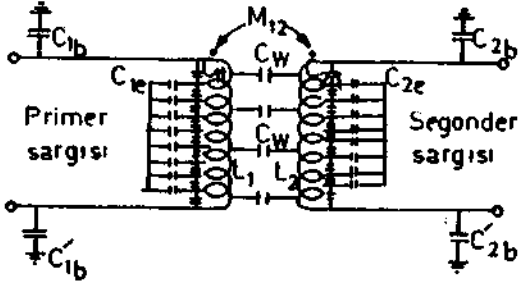
$$I_2 = i_2 + C_{21} e^{PV_2} + C_{22} P(V_2 - V_2') + C_{12} P(V_2 - V_1) \quad (5)$$

$$I_2' = i_2 - C_{22} P V_2' + C_{22} P(V_2 - V_2') - C_{21} P(V_2' - V_1')$$

Sargılar arasındaki potansiyel farkları ise:

$$V_1 - V_1' = L_1 P i_1 + M_{12} P i_2$$

$$V_2 - V_2' = L_2 P i_2 + M_{12} i_1$$



Şekil 3 İki sargılı bir trafonun geçici rejim analizinde kullanılan eşdeğer devresi

Burada P diferansiyel operatör olup  $P = d/dt$  dir. Akım ve gerilim denklemlerinden faydalınarak aşağıdaki genel denklem yazılabilir /5/:

$$P = \left( \frac{1}{P} L_{eq} + P C_{eq} \right) \quad (6)$$

Burada

$j^*$  = Gönderici uç Akımı

$i^*$  = Alıcı uç Gerilimi

$L_{eq}$  = Trafonun eşdeğer endüktansı

$C_{eq}$  = Trafonun eşdeğer Kapasitansı

$y_t$  = Trafonun eşdeğer admitansı

$$Y_t = \frac{1}{P} L_{eq} + P C_{eq} \quad (7)$$

### 2.3 Yıldırım Dalgasının Matematiksel ifadesi

Yıldırım darbesi çift üstel ifade şeklinde temsil edilmiştir:

$$I = I_0 (e^{-at} - e^{-bt}) \quad (8)$$

Burada,

$X_0$  = Akımın tepe değeri

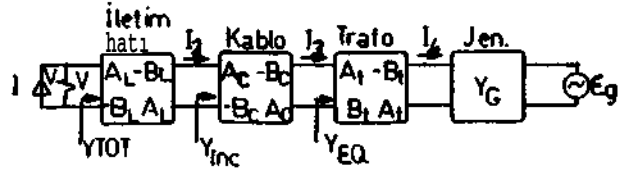
a, b; sabit değerler olup dalganın cephe ve sırt zamanına bağlıdır. Bu çalışmada değişik yıldırım dalgaları ele alınmıştır. Bundan dolayı, her bir değişik yıldırım dalgası için

farklı a ve b sabiteleri vardır. Bu sabiteleri bulabilmek için gerekli denklemler türetilip, Neuton Raphson metodu kullanılmıştır.

### 2.4 Geçici Gerilimlerin Matematiksel İfaesi

Ele alınan iletim sistemi Şekil 1' de gösterilmiştir. Bu sistemin blok şeması Şekil 4' teki gibidir. Gerekli denklemler bu blok şemasından türetilmiştir. İletim hattı için aşağıdaki matris denklemleri yazılabilir:

$$\begin{bmatrix} \vec{I}_S \\ \vec{I}_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \vec{A} & -\vec{B} \\ -\vec{B} & \vec{A} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{V}_S \\ \vec{V}_R \end{bmatrix} \quad (9)$$



Şekil 4 Şekil 1' de ele alınan iletim sisteminin blok şeması

Burada,

$$A = Y_0 \coth(\psi L)$$

$$B = Y_0 \operatorname{cosech}(\psi L)$$

$j^*$ ,  $i^*$  «Sırasıyla gönderici uç akımı ve gerilimi sırasıyla

$\vec{X}^*$ ,  $\vec{V}^*$  -Sırasıyla alıcı uç akımı ve gerilimi sırasıyla

Yıldırım darbesi bir akım kaynağıyla temsil edilmiştir.

$V_1^*$  »Gönderici uç gerilimi veya düşme noktasındaki gerilim

$V^*$  »Alıcının alıcı uç gerilimi =

Kablonun giriş gerilimi

$V_2^*$  »Kablo çıkış gerilimi = Trafo giriş gerilimi

$V^*$  »Trafonun çıkış gerilimi =

Jeneratörü sarımlarında görülen gerilim

$j^*$  -Gönderici uç akımı = Düşen yıldırım akımı

$$\begin{bmatrix} \vec{I}_3 \\ \vec{I}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_t & -B_t \\ -B_t & A_t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{V}_3 \\ \vec{V}_4 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$\vec{I}_4 = Y_G \vec{V}_4 \quad (11)$$

12. denklem 11.denkleme yerine

konursa,

$$\begin{bmatrix} \vec{I}_1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_c & -B_c \\ -B_c & A_c + Y_G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{V}_3 \\ \vec{V}_4 \end{bmatrix}$$

$$\vec{I}_3 = A_c \vec{V}_3 - B_c \vec{V}_4$$

$$\vec{V}_4 = (A_c + Y_G)^{-1} B_c \vec{V}_3$$

$$\vec{I}_3 = (A_c - B_c (A_c + Y_G)^{-1} B_c) \vec{V}_3$$

$$Y_{NO} = \vec{I}_3 \vec{V}_3^{-1} = -A_c - B_c (A_c + Y_G)^{-1} B_c \quad (12)$$

Burada  $Y_2$ , = Kablo sonundaki sistem admitanansı

$$\begin{bmatrix} \vec{I}_2 \\ \vec{I}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_o & -B_o \\ -B_o & A_o \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{V}_2 \\ \vec{V}_3 \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$\vec{I}_3 = Y_{NO} \vec{V}_3 \quad (M)$$

15. Denklemi 14. denklemde yerine konursa,

$$\begin{bmatrix} \vec{I}_2 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_o & -B_o \\ -B_o & A_o + Y_{NO} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{V}_2 \\ \vec{V}_3 \end{bmatrix}$$

$$\vec{V}_3 = (A_o + Y_{NO})^{-1} B_o \vec{V}_2$$

$$\vec{I}_2 = A_o \vec{V}_2 - B_o \vec{V}_3$$

$$\vec{I}_2 = (A_o - B_o (A_o + Y_{NO})^{-1} B_o) \vec{V}_2 \quad (15)$$

$$Y_{INO} = \vec{I}_2 \vec{V}_2^{-1} = -A_o - B_o (A_o + Y_{NO})^{-1} B_o \quad (16)$$

$$Y_{INO}$$

Burada, Kablonun girişinden görülen admitanstir. Yukarıda yapılan işlemler denklem (17)' e uygulayarak bulundu.

$$\begin{bmatrix} \vec{I}_1 \\ -\vec{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_L & -B_L \\ -B_L & A_L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{V}_1 \\ \vec{V}_2 \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$Y_{TOT} = (A_L - B_L (A_L + Y_{INO})^{-1} B_L) \quad (18)$$

gönderici uc tarafındaki gerilim:

$$\vec{V}_1 = (A_L - B_L (A_L + Y_{INO})^{-1} B_L)^{-1} \vec{I}_1 \quad (19)$$

$$\vec{V}_2 = (A_L + Y_{INO})^{-1} B_L \vec{V}_1 \quad (20)$$

$$\vec{V}_3 = (A_o + Y_{NO})^{-1} B_o \vec{V}_2 \quad (21)$$

$$\vec{V}_4 = (A_c + Y_G)^{-1} B_c \vec{V}_3 \quad (22)$$

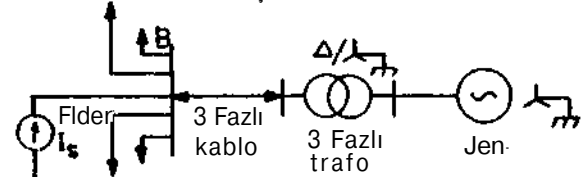
### 3. UYGULAMA ÇALIŞMALARI

Ele alınan iletim sistemindeki, yeraltı güç kablosu ve 275 kV luk iletim hattı, üç fazlı 275/17 kV'luk trafoya ardışık bağlanmıştır. Toprak direncinin 20 ohm-metre olduğu kabul edilmiştir. Trafonun primer (YG) tarafı yıldız, sekonder (fi-G) tarafı ise üçgen bağlıdır. Yeraltı kablosunun kılıfı direkt olarak topraklanmıştır.

#### 3.2 Kablo Uzunluğunun Etkisi

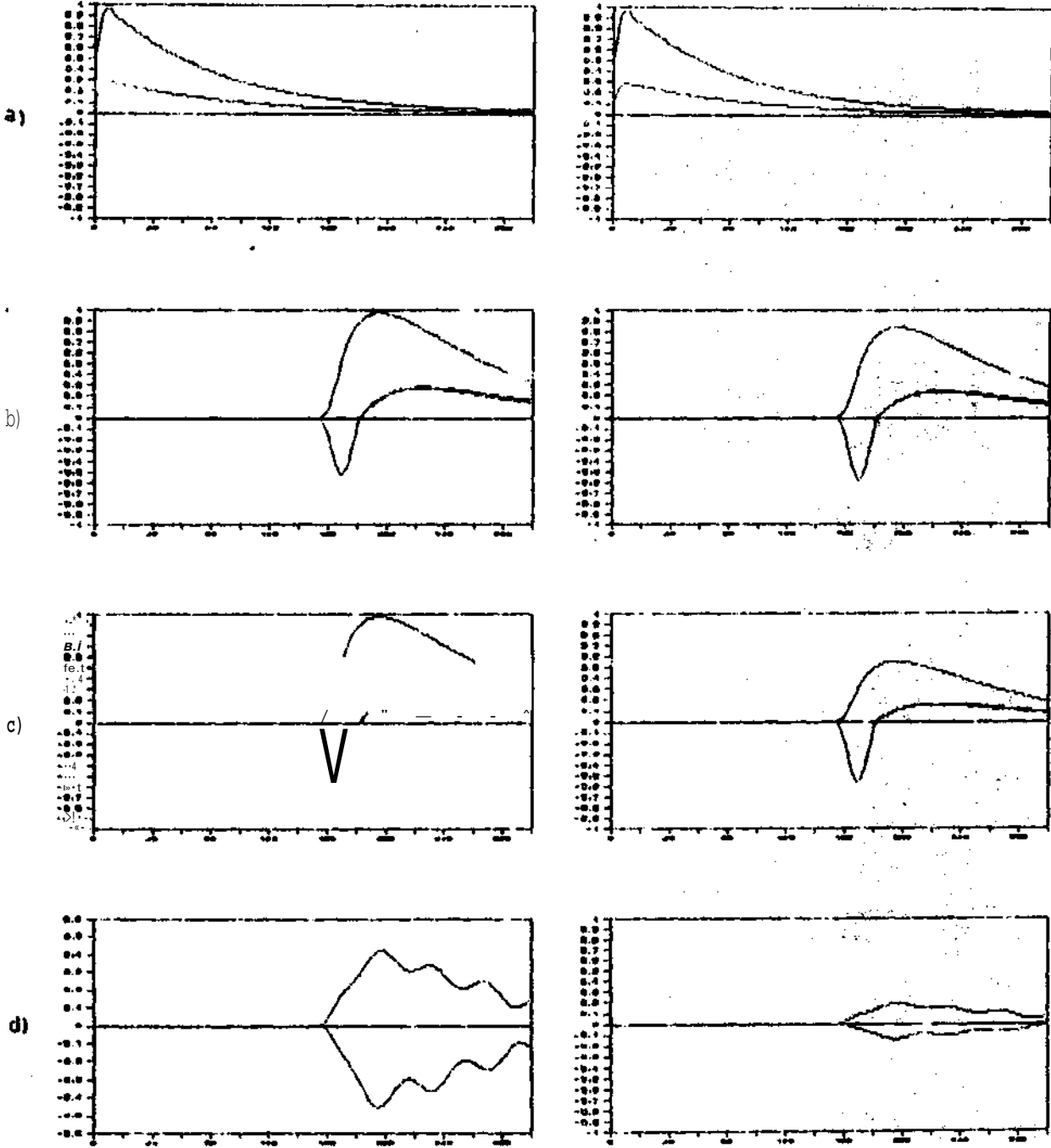
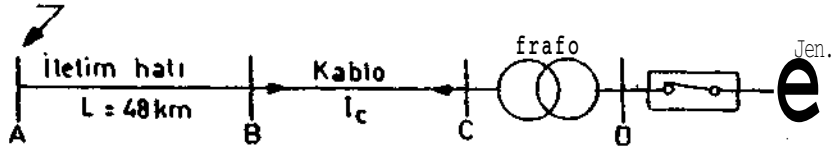
Optimum kablo uzunluğu, kullanılacak koruma aygıtlarının seçimi veya azaltılması için çok önemlidir. 48 km uzunluğundaki bir hata düşen 1/50 lik yıldırım darbelerinin A,B,C,D noktalarında meydana getirdiği gerilimler şekil 6-7' de gösterilmiştir. Kablo uzunluklarının 50 ve 500 metre olması durumları incelenmiştir. Kablo uzunluğu arttıkça meydana gelen aşırı gerilimlerin genlikleri azalmaktadır. Çünkü güç kablosu güç iletim sistemlerinde kapasitif bir etki yapmaktadır.

#### 3.3 Yıldırımın Çok Fiderli Güç Sistemine Düşmesi



#### Şekil 5 Çk liderli güc sistemi

Çekilte görüldüğü gibi yalnızca bir fidere yıldırım düşüyor. B Yarasındaki filler sayısı birden dörde kadar değişiyor. Yıldırım B barasına 48 km u/aktaki bir fidere düşüyor. Şekil 8-9' dan görüldüğü üzere B barasındaki fiderlerin sayısı arttığı zaman aşırı gerilimlerin genliklerinde belirli bir azalma oldu. Çünkü fiderlerin paralel bağlanması rmpedansı düşürüyor. Bundan dolayı gerilimlerin genliklerinde bir azalma oldu.

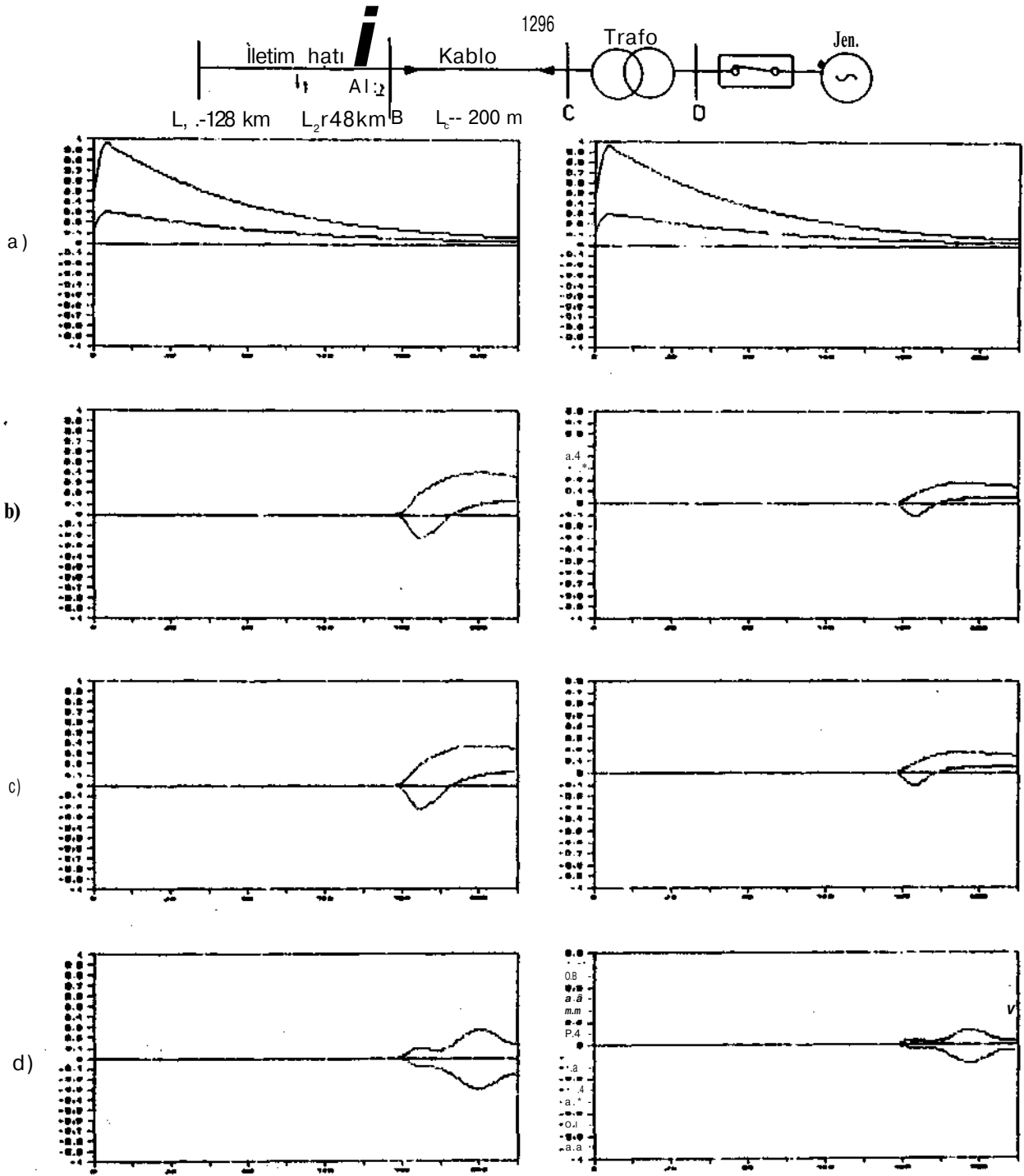


Sekil 6 Yıldırım aşırı gerilimlerinin 1/50 dalgaya göre elde edilmesi, Kablo uzunluğunun etkisi  $I_c = 50$  kA.

a) Yıldırım düşüş noktası  
b) Kablo giriş gerilimi  
c) Kablo çıkış gerilimi  
d) Trafo ikincil gerilimi

Sekil 7 yıldırım aşırı geriliminin 1/50 dalgaya göre elde edilmesi Kablo uzunluğunun etkisi  $I_c = 500$  kA.

a) Yıldırım düşüş noktası  
b) Kablo giriş gerilimi  
c) Kablo çıkış gerilimi  
d) Trafo ikincil gerilimi



şekil 8 Yıldırım aşırı gerililerine coUu fiderlerin etkisi: Fider sayısı=1  
a)Yıldırımın düştüğü nokta  
b)Kablo giriş gerilisi  
c)Kablo çıkışı gerilisi  
d)trafo çıkışı gerilimi

şekil 9 Yıldırım aşırı gerililerine toklu liderlerin etkisi: Fider sayısı=1  
a) Yıldırımın düştüğü nokta  
b) Kablo giriş gerilisi  
c) Kablo çıkışı gerilisi  
d) Trafo çıkışı gerilimi



### 3.4 Yıldırımın toprak iletkenim?

#### Düşmesi

Bu çalışmada 1/50, 1/100, 6/73.5' luk yıldırım darbeleri ele alınmıştır. Yıldırımın toprak iletkenine düşmesi durumunda meydana gelen açın kırılmaların genliklerinin, faz iletkenine düşmesi durumuna göre oldukça düşük olduğu gözlenmiştir.

#### 4. KONUSU

Kablo uzunluğu, kullanılacak pahalı koruma aygıtlarının azaltılmasında önemli bir faktördür. Kablo uzunluğu arttıkça meydana gelen aşırı gerilimlerin genliğinde bir azalma görülmüştür. Çünkü kablounun güç sistemlerinde kapasitif bir etkisi vardır.

Hat kablo bağlantı noktasındaki fiderlerin sayısı arttıkça meydana gelen aşırı gerilimin geriliminde bir azalma görülmüştür, çünkü paralel fiderlerin faz ayısının arınması meydana gelen dalgaya düşük bir empedans hâkim oluyor.

#### REFERANS

/1/Watson, L.M., Hilcox, D.J.: Transient analysis of underground power transmission systems, Proc. IEE, Vol. 120, No.2, February 1973.

/2/Patterson, J.R.: Development of transient analysis in obtaining transmission line parameters. U.S. Army Research Office, Part II: Use of the modified Fourier Transform, Int. J. Elect. Eng. Educ. Vol.-1, 1966, pp31-10

/3/Galloway, R.H., Shorrocks, W.U. and Uedephol, L.M.: Calculation of critical parameters for short and long polyphase transmission lines, Proc. IEE, vol. III, March 1966, pp1-10.

/4/Amstutz, H.: Modified transmission line wave equation for TOIV electrical transient on lumped and distributed constant circuit, Proc. Inst. Elect. Eng. (G.13.), vol. 1-20, No. 4, part 497-D0-1 April 1973.

/5/Erçelebi, K.: Analysis of lightning overvoltage in power systems, M.Sc. Thesis, University of Gaziantep September 1973.



Ergun ERÇELEBİ

1936 yılında Gaziantep'te doğdu. İlk, orta ve lise tahsilini Gaziantep'te tamamladı. 1960 yılında Elektrik--Elektronik Müh. Bölümü Orta Doğu Teknik Üniversitesinde Gaziantep kampüsünden mezun oldu. Aynı yıl bu üniversitede çalışmalarına başlayıp 1963 yılında master çalışmaları tamamladı, VB M.5C. derecesini aldı. Halen bu üniversitede Orta Doğu Teknik Üniversitesi görevlisi olarak görevini sürdürmektedir.

**SALT İNŞELASYON CİHAZLARI ÖMÜR DENEYİ  
ODASININ PROJELENDİRİLMESİ VE OTOMASYONU**

**\* Ercüment KARAKAS  
\*\* Doc.Dr.irfan GÜNEY**

**\* Araştırma Uzmanı, SImko-Siemens  
\*\* M.Ü.T.E.F ELEKTRİK BÖLÜMÜ**

**Özet**

Salt tesislerinde W otomat, otomatik şalter, kesici, ayıtıcı vb gibi elektrik enerjisinin iletimi ve dağıtımında koruma amacına yönelik çeşitli cihazlar kullanılmakta olup, bu cihazların TSE.VDE standartlarına uygun olarak tükefciciye sunulmasını sağlamak üzere muhtelif deneyler yapılmaktadır. Salt inşelasyon cihazları yUk deneyi: v@ mekaniksel deneyler olmak üzere iki aşamada incelenmektedir. Cihazların elektriksel aksamının zamana göre dayanımını ve çalışmasını ölçmek için rezistif veya endüktif yUkler altında yUk deneyi mekanik aksamının zamana ba3lı olarak dayanımını ölçmek için de mekaniksel deneyler yapılmaktadır.

Bu çalışmada yük deneylerinin projelendirilmesini ve otomasyonun gerçekleştirilmesini ö/nür Serirev-1 odasının tasarımı yapılmış ve uygulaması açıklanmıştır. Akım sınırlaması rezistif yUkler kullanılarak gerçekleştirilmiş olup hesabı yapılmış olan rezistif yükler minimum yer kaplayan, en ekonomik maliyetle opti tral bir şekilde dizayn edilmiş .gez ir>sb>fr bir yük arabasının monte ediltsip3 tlt - Ayrı bir kontrol Unit Sa3 olarak tasarlanarak burada ömür deneyi yapılacak cihaz üzerinden geçecek akımları hassas bir şekilde kontrol etme olanakları 343 1 atını stır . Kontrol 1900

Ünitesinde kullanılan PC (programmable controller) donanım ve yazılım olmak üzere iki kısımdan oluşmakta olup, projedeki problemlerin çözümünde önce yazılımı, sonrada donanım etUdU yapılmıştır. YUk deneylerinin 0.25 A hassasiyetinde 63.75 a 'e kadar yük akımları ile yapılması için ilave donanımlar geliştirilmiştir. Mekanik deneylerde ise imal edilmiş kontaktörlerin silisli saclardan oluşmuş manyetik nüvesinin ve kontaktör dayanımını ölçmek için, kontaktör manetlik paletinin standartlara göre çekip bırakmasını sağlayan tasarımlar yapılmıştır.

Salt cihazları imalat sektöründe ilk olarak gerçekleştirilen ömür deneyi odası, salt inşelasyon cihazlarının ömür deneylerinin yapılmasına uygun olduğu gibi otomasyonda kullanılan PC'nin genişlemeye ve yeniliklere müsait yapısı nedeniyle projelendirilen kademeli yük akımlarından dolayı ileride üretilebilecek cihazların testleri daha da geniş olanaklarla yapılabilecektir. Böylece tüketicilere daha kaliteli cihaz üretiminin yanı sıra imalattan, malzemenin ve bozukluklardan oluşan giderilebilecektir.

**ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ**

## I-GIRIS

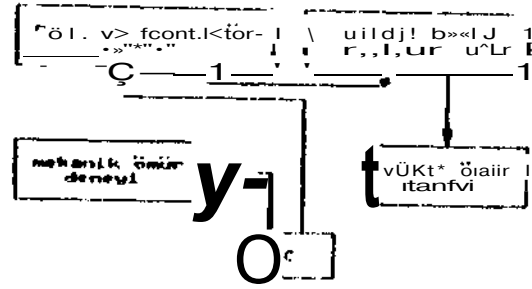
Türk.1ye'de salt tesislerinde kullanılan W otomat, otomatik şalter, kesici ve ayırıcılar derişik firmalar tarafından imal edilmektedirler. Buna baalı olarakda ürün çeşidi ve sayının artmasının paralelinde tüketicinin ürün kalitesine yönelik beklentiside artmaktadır. Bu konu özellikle firmaların piyasadaki ekonomik konumunun ve itibarının artması yönünden önem taşımaktadır.

Üretilen cihazların deneyleri, " yükte ve mekanik ömür deneyleri olmak üzere iki ana bölümde planlanmıştır. Yükte ömür deneyleri yıldız baalı rezistif yükler ile islenen akım değerlerinin elde edilmesiyle . mekanik deneyler ise kontaktörlerin manyetik nüvesinin çekip bırakması ile gerçek leştirilmiştir. Mekanik deney için kontrol ünitesinde Uc adet puls üretilmiştir.

lün kontroller. kontrol ünitesinde tesis edilmiş ve dizaynı yapılmış PC (programmable Controller) ile yapılmaktadır. PC'nin CPU (central processing unit) Ünitesine yerleştirilmiş bulunan STEP-5 adlı programlama dili ile denetleme yapılabilmektedir.

### 2-ÖMÜR DENEYLERİ

Ömür deneyleri otomasyonu PC nin programlanması ile gerçekleştirilmiştir. Sekil I de görüldüğü gibi PC ile mekanik deneyler direkt kontrol altında bulunmaktadır. Yükte ömür deneyleri PC çıkışlarındaki röleler ile istenen akımın defterlerine göre kontaktör ve rölelerin enerjilendirilmesi sonucunda rezistif yüklerin devreye alınması ile yapılabilmektedir.



Sekil 1

PC nin röle çıkışlarından DC 24 V alınabilmektedir. Bu çıkışlar DC röleleri enerjilendirebilmektedir ve her Ünite de toplam 8 adet röle çıkışı bulunmaktadır. Yük akımı yükseldikçe röle çıkışları bu akımları taşıyamaz hale gelmektedir. Bunun için küçük akımları taşıyabilen rölelerle büyük akımlar kontaktörler yardımı ile devreye sürülmüştür. Büyük akım olarak tanımlanan akımlar 8 A ve daha yüksek akımlardır.

### 3-YÜKDE ÖMÜR DENEYİ

İlk aşamada yük deneylerinin projelendirilmesi ve otomasyonu gerçekleştirilmiştir, ömür deneyi yapılacak cihazın üzerinden geçirilecek akımlar 0.25 A hassasiyetinde 63.75 A 'e kadar ara kademeleri kapsayacak şekilde hesaplanmıştır. YÜkte ömür deneyi yapılacak olan W otomatların küçük deney akımı (KDA) 82 A olarak tespit edilmiş olup, % 90 maksimum yük akımını ile yüklemesi istenmektedir. Buna göre:

$$DA \text{ (saatlik deney)} >: 0.9 \quad (I)$$

formülünden inak--imum v'H: akımı olan 63.75 A bulunmak- tır. Küçük deney akımı 1vm 7. a m a n d a s a a t l i k H e n .? v

Akım değeri  $I_{PC}$  nin cı k ı s kullanım kapasitesine göre 11k aşamada tespit edilmistir. Her çıkış Ünitesinde toplam 8 adet röle çıkışı bulunduğu için 8 adet akım hedef alınarak bu akımları kontrol eden kontaktörler vasıtası ile istenen akım değerleri elde edilmistir. Tablo 1 de ana 8 adet akım değerleri ve ohm kanunu ile hesaplanmış rezistif yük değerleri görülmektedir.

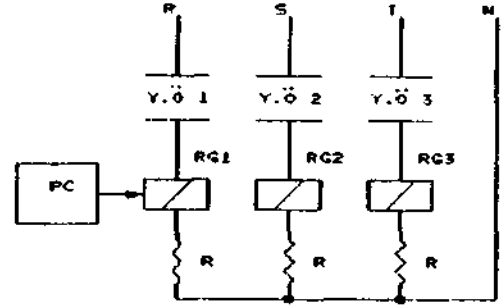
Tablo 1

| U(V) | 220  |     |     |     |    |       |       |      |
|------|------|-----|-----|-----|----|-------|-------|------|
| I(A) | 0.25 | 0.5 | 1   | 2   | 4  | 8     | 16    | 32   |
| R(Ω) | 880  | 410 | 220 | 110 | 55 | 36.66 | 18.33 | 9.17 |

8 adet ana akım değerleri hesaplanması yapıldıktan sonra bu akım değerlerini sağlayacak rezistif yükler devreye alınarak ömür deneyi yapılacak cihazın üzerinden yük akımları geçirilmektedir. Buna göre cihazımızın üzerinden 63.75 A geçirmek istediğimizde PC nin 8 adet çıkışı aktif hale getirilerek tüm rölelerin paletleri çekmesi sağlanır ve  $0.25+0.5+1+2+4+8+16+32=63.75$  A deney akımı devreden geçirilmiş olur. Aynı şekilde ara kademe akımı olan 13.75 A için aynı hesaplamayı yapacak olursak 0.25, 1, 4 ve 8 A lik çıkışları aktif hale getirmemiz yeterlidir.

Kullanılan rezistif yüklerden 880Ω, 440Ω ve 220Ω luk dirençler kendi değerlerinde tek olarak devreye bağlanmıştır. Diğer kademede dirençler 55Ω baz alınarak seri ve paralel gruplar halinde kendi aralarında devreye alınmıştır.

Yük deneylerine genel olarak bakacak olursak:



Sekil 2

R, S, T hatlarının dengeli yüklenebilmesi için Uc fazlı hesaplamalar gerçekleştirilmiş ve dizayn yapılmıştır. Rezistif yükler üzerinden geçen yüksek akımlar nedeniyle ısınmalara karşı, rezistif yük yüzeyleri genişletilerek ısının yüzeye dağılması sağlanmış ve özel soğutma fan tertibatı ile ısınma problemi giderilmiştir. Rezistif yükler minimum y&r kaplayan en ekonomik maliyetle dizayn edilmiş "gezinebilir bir" yük arabasına monte edilmiştir.

#### 4-YÜK AKIMLARININ PC İLE KONTROLÜ

Rezistif yük hesaplamaları ve donanım etüdü yapıldıktan sonra istenen akım değerlerine göre uygun yüklerin devreye girmesi PC ile sağlanmıştır.

PC ye akım girişi onaltılı (Hexadecimal) kodlu şalterler ile sağlanmıştır. Tablo 2 de doğruluk tablosu görülen hexadecimal kodlu şalterler ile PC nin giriş ünitesine hexadecimal olarak girilen akım değerleri A, B, C, D verilerine verilmektedir.

Tablo 2

|    |   |   |   |    |
|----|---|---|---|----|
|    | A | 0 | L | li |
| 0  | 0 | 0 | 0 | 11 |
| 1  | 1 | 1 | 1 | 0  |
| 2  | 0 | 1 | 0 | 0  |
| 3  | 1 | 1 | 0 | 0  |
| 4  | 0 | 1 | 1 | 0  |
| 5  | 1 | 1 | 1 | 0  |
| 6  | 0 | 1 | 1 | 0  |
| 7  | 1 | 1 | 1 | 0  |
| 8  | 0 | 1 | 1 | 1  |
| 9  | 1 | 0 | 1 | 1  |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1  |
| 11 | 1 | 1 | 0 | 1  |
| 12 | 0 | 0 | 1 | 1  |
| 13 | 1 | 0 | 1 | 1  |
| 14 | 0 | 1 | 1 | 1  |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1  |

iki adet hexadecimal kodlu saltef kullanılarak akım değerlerinin birler ve onlar basamaçları oluşturulmuştur. Girilen akım değerleri aşağıda görülen STEP-5 program dili ile PB1 (program Blok I) içinde değerlendirilmektedir.

|            |        |
|------------|--------|
| PB 1       | SPRM-A |
| NETZWERK 1 |        |
| 0Ü00       | :L EB2 |
| 0002       | :T AB5 |
| 0004       | :L EB3 |
| 0006       | :T AB6 |
| 0008       | :L ER4 |
| 000A       | :T AB7 |
| 000C       | :BE    |

Hexadecimal kodlu şalterle girilen akım değerleri şekil 3 de görüldüğü gibi CPU içindeki akümülatör 1 (ACCUM1) 'e yüklenir (LOAD) komutu ile yüklenmektedir. İstenen çıkışların aktif hale getirilebilmesi için akümülatör 2 (ACCUM2) 'ine gönderilmesi (TRANSFER) gereklidir. Böylece girilen akım değerleri ile istenen çıkış üniteleri aktif hale gelmekte ve uygun rezistif yükler devreye alınmaktadır.

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

LÜ'0 eninizi 0 1 1 0 ACCUM 1  
ivonE)

TRANSFER 1 1 1 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 ACCUM 2  
(GÖNDERİ)

Şekil 3

Transfer işlemi gerçekleştirildikten sonra ACCUM 1 boşalacak ve PC, yeni girilecek akım defterlerini yüklemeye hazır hale gelecektir.

Sistem üç fazlı tasarlandığı için üç adet yüklemeye ve üç adet gönderme komutu kullanılmıştır.

### 5-MEKANİK ÖMÜR DENEYLERİ

Mekanik ömür deneyleri için kullanılan kontaktörlerin mekanik aksamının zamana bağlı olarak dayanımını ölçmek için tasarlanmıştır. Kontaktörlerin paletlerinin çekme bırakma zamanları ve sayıları kontaktör tiplerine göre farklılıklar göstermektedir, lablo 3 de İSE standartlarına göre çekme bırakma sayıları belirtilmiştir.

Tablo 3

| İHA2 İTİ | TAMAMİ   | Atıf İ | İnr. Ant İ | İTİ İKİ |
|----------|----------|--------|------------|---------|
| İA20     | İÇ r AV  | İ      | İb         | İ AV    |
| İHİS0    | İT r AV  | İ      | İb         | İ AV    |
| İİ0      | İ(oi /AV | İ      | İb         | İ AV    |
| İİİ*     | İİİ AV   | İ      | İb         | İ AV    |
| İİİ7     | İİİ AV   | İ      | İb         | İ AV    |
| İİİ6     | İİİ AV   | İ      | İb         | İ AV    |
| İİİİ     | İİİ AV   | İ      | İb         | İ AV    |

| MEKANİKİ QMF CİMA2 İTİ | İAA İİF AÇMA KARAMA | CARANİt EOİLEN | İİANOARUİN İİİİİİİ |
|------------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| İİA20                  | 7200                | 20*İ0E6        | 20*İ0E6            |
| İİM80                  | 7200                | 30*İ0E6        | 30*İ0E6            |
| İİİ'0                  | 7200                | 15*İ0E6        | 15*İ0E6            |
| İİF44                  | 7200                | 10*İ0E6        | 10*İ0E6            |
| İİP17                  | 5000                | 10*İ0E6        | 10*İ0E6            |
| İİF46                  | 5000                | 10*İ0E6        | 10*İ0E6            |
| İİİ5*                  | 3000                | 10*İ0E6        | 10*İ0E6            |

Tablo 3 de belirtilen yıllık çekme, bırakma sayısına göre üç deCMSik çekme, bırakma zamanı

tespit edilmiştir. Yıllık çekme, bırakma sayısı ve zamanı baz alınarak yıllık test edilecek cihaz sayısı orantı yolu ile belirlenmiştir. Tespit edilen zamanlar aşağıda görülen program ile PC içindeki PB2 (program blok?) ye yüklenir. Program incelendiğinde 7200 saat/çekme, bırakma zamanına göre zamanlayıcı (timer) hazırlanmıştır. Programın devamı olarak 5000 ve 3000 saat/çekme, bırakma zamanları eklenerek, BE(block end) komutu ile program bitirilmiştir. Programda tarama zamanının (scan time) zamanlayıcı lann zamanını yavaşlattığı göz önüne alınarak istenen zaman değerleri yükseltilmiştir. Zamanlayıcıların çıkış kontakları (flags) yardımı ile 10 adet puls generatörü elde edilmiştir.

PP2 SPRM-A

NETZWERK 1

|      |     |         |
|------|-----|---------|
| 0000 | :UN | M 1.0   |
| 0002 | :L  | KT025.0 |
| 0006 | :SE | T 0     |
| 0008 | :U  | T 0     |
| 000A | :   | M 1.0   |
| 000C | :U  | M 1.0   |
| 000E | :UN | M 2.0   |
| 0010 | :A  | 1.5     |
| 0012 | :U  | M 1.0   |
| 0014 | :U  | M 2.0   |
| 0016 | :R  | A 1.5   |
| 0018 | :UN | M 1.0   |
| 001A | :U  | A 1.5   |
| 001C | :S  | M 2.0   |
| 001E | :UN | M 1.0   |
| 0020 | :UN | A 1.5   |
| 0022 | :R  | M 2.0   |
| 0024 | :UN | M 3.0   |
| 0026 | :L  | KT036.0 |
| 002A | :SE | T 1     |
| 002C | :U  | T 1     |
| 002E | :   | M 3.0   |
| 0030 | :U  | M 3.0   |
| 0032 | :UN | M 4.0   |
| 0036 | :U  | M 3.0   |
| 0038 | :U  | M 4.0   |
| 003A | :R  | A 1.6   |
| 003C | :UN | M 3.0   |
| 003E | :U  | A 1.6   |

|      |     |         |
|------|-----|---------|
| 0040 | :S  | M 4.0   |
| 0042 | :UN | M 3.0   |
| 0044 | :UN | A 1.6   |
| 0046 | :R  | M 4.0   |
| 0048 | :UN | M 5.0   |
| 004A | :L  | KT060.0 |
| 004E | :SE | T 2     |
| 0050 | :U  | T 2     |
| 0052 | :   | M 5.0   |
| 0054 | :U  | M 5.0   |
| 0056 | :UN | M 6.0   |
| 0058 | :S  | A 1.7   |
| 005A | :U  | M 5.0   |
| 005C | :U  | M 6.0   |
| 005E | :R  | A 1.7   |
| 0060 | :UN | M 5.0   |
| 0062 | :U  | A 1.7   |
| 0064 | :S  | M 6.0   |
| 0066 | :UN | M 5.0   |
| 0068 | :UN | A 1.7   |
| 006A | :R  | M 6.0   |
| 006C | :BE |         |

#### 16-SONUC

ImaI edilen salt inste 1 asyon cihazları yük deneylerinin yapılabilmesi için gerekli rezistif yükler tesis edilmiş ve PC programları STEP-5 programlama "dili ile yazılmıştır. İşletmeye alınan ömür deneyi odası ile salt instelasyon cihazlarının deneyleri gerçekleştirilmiş ve kurulan sistemin kararlılığı incelenmiştir. Gerçekleştirilen ömür deneyleri ile imalattan doğacak hatalar minimuma indirilerek salt instelasyon cihazlarından dolayı meydana gelebilecek kayıplarda azaltılmış olacaktır.

#### KAYNAKLAR

- [1] -Automate Programtable S5 100U (CPU 100/CPU 102) Smatic S5 Edition January 1987
- [2] -Electronic Measuring Catalog M551-1985 Energy and Automation group
- [3] -Siemens Programmer PG 675 Smatic S5 Hand book Edition 6/1988
- [4] -Siemens Bauteile Service Schwerpunkttypen

preis uncl laaer liste  
April 1988

[5] -Siemens Proqrammer PG 675  
Sima 11c S5 hand book  
Edition 6/1988

### Yazarlara İlişkin Bilgiler

Doc .Dr- . irfan GÜME'Y



1957 spnesi'inde  
İstanbulda doğdu.  
I .1) .M.M.A Fllektrik  
MÜhendisi ia inden  
1979 da mezun  
olacak Adapazarı  
Şeker fabrikası 11'da  
göreve bas İadi .  
Daha sonra I .F.K  
na gecti . I.T.Ü.

Elektrik FakÜl.esindeyÜksek  
lisansa başladı ve 1982 de  
mezun oldu. Kısa dönem  
askerlik görevinden sonra  
T.E.K da çeşitli birimlerde  
görev aldı. 1987 yılında  
doktora çalışmasını tamamladı  
ve Marmara Üniversitesi Tektik  
EÖltirn Fakültesine yardımcı  
doçent olarak atandı. 1989 da  
Elektrik. Tesisleri Anabilim  
Dalında doçent oldu. Halen  
aynı Fakültenin bölüm  
başkanlığı görevini  
sürdürmektedir .

Araştırma Uzm.Ercüment KARAKAS



07-07-1968 Yılında  
Manisa da doğdu.  
1987 yılında  
Marmara Üniver-  
sitesi Teknik  
Eğitim Fakültesi  
Fllektrik Bölümünde  
lisans eçitimine  
başladı . 199 İ

yılında mezun oldu. Aynı yıl  
M.0. Fen Bilinileri  
Enstitüsünde yüksek lisans  
procuainına girdi. Halen yüksek  
1 i s a 11 b i t i r i r-5 tezi ile ilgili  
Siernen s-Siınko Kontrol  
laboratuvar'larında arastir-  
malar yapmaktadır.

I -EKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

1305

# SAYISAL SAYAÇ TEKNOLOJİSİNİN. ELEKTRİK ENERJİSİ SİSTEMİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Arş.Gör.B.Koray TUNÇALP

Prof.Dr.Seigio ALSAK

K.I).

Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Bölümü

## ÖZET

Bu çalışmada elektrik enerjisi tüketiminde ikincil paya sahip olan konut-hizmetler sektöründeki konut bölümünün enerji tüketimi lokal olarak incelenmiş ve bununla ilgili olarak enerji dağılımının optimal olması için yeni tarife önerilmiştir.

## 1.GİRİŞ

Bugün ülkemizde Ferraris aktif enerji sayaçları uzun yıllardan beri endüstride, ticarethanelerde ve konutlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer taraftan artan nüfus, yeni sanayi yatırımları vb. çeşitli nedenlerden dolayı elektrik enerjisine olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Günümüz dünyasında enerjinin optimal şekilde kullanılması ve tasarrufu ülkelerin gündemini zorlamakta, bu da elektrik şirketlerini daha radikal önlemler almaya yöneltmektedir.

Tüketicilerin harcadığı elektrik enerjisini daha detaylı izlemek amacıyla bazı ülkeler yüksek performanslı ve daha optimal çalışan sayısal sayaçlar geliştirmişler ve bunları kullanmaya başlamışlardır.

Tüm bu nedenleri gören TEK ise yakın zamanda kamuoyuna yaptığı açıklama ile en kısa sürede ülkemizde sayısal sayaç teknolojisine geçeceğini duyurmuş ve seçilen sistemin ilk olarak bir pilot bölgede

uygulandıktan sonra ülke çapında yaygınlaştırılacağını belirtmiştir.

## 2.SAYISAL SAYAÇ TEKNOLOJİSİNİN AVANTAJLARI

Elektrik kuruluşlarına müşterinin detaylı bilgi sağlayan sayısal sayaç teknolojisi, birtakım avantajları da beraberinde getirecektir:

- 1-)Sayaç okunmasından faturaların basılmasına kadar olan işlemlerde hızlilik ve kolaylık sağlanması,
- 2-)Sayaç arızalarının ve abonenin sayaca müdahalesinin çabuk anlaşılabilmesi,
- 3-)Raporlar ile işletmeciye kullanıcıya sistem hakkında doğru ve hızlı istatistik bilgiler sağlanması,
- 4-)Abonenin faturaya itirazı durumunda geçmiş raporların kolay incelenebilmesi.
- 5-)Sayaçtaki gerçek zaman saati ile zamana göre değişen tarife uygulanması,
- 6-)Elektrik şebekesi hattı ya da bir el terminali ile sayaç okunması,
- 7-)Kredi kartı kullanarak faturalamanın kaldırılması,
- 8-)Sayacı gerektiğinde uzaktan ve kendi kendine test ve kalibre edebilme imkanları,
- 9-)Sayaçla değişik dalga şekillerinin ölçülmesi,
- 10-)Şebeke arızalarının, abone müdahalelerini ve sayaca ait bilgilerin saklanması olarak sıralanabilir/1/.



### 3.TARİFELENDİRME TEKNİKLERİ

Genel olarak günümüzde çeşitli ülkelerde kullanılan tarifelendirme tekniklerini şöyle sıralayabiliriz:

1-)Ters Orantılı Tarifeler: Tüketim arttıkça kWh başına daha yüksek oranın uygulandığı sektör tarifeleridir.

2-)DUz Orantılı Tarifeler: Tüm tüketici talebinin dikkate alınmadığı ve kWh başına aynı paranın ödendiği tarifelerdir.

3-(Cankurtaran Tarifeler: Yapay olarak ilk kademenin düşük olduğu bir tarife yapısının \* uygulandığı tarifelerdir. Bu tarife sabit ve düşük bir oranda paranın bölüşülmesini sağlayacaktır. Tarife, düşük gelirli tüketicilerin yararlanabilmesi için tasarlanmıştır.

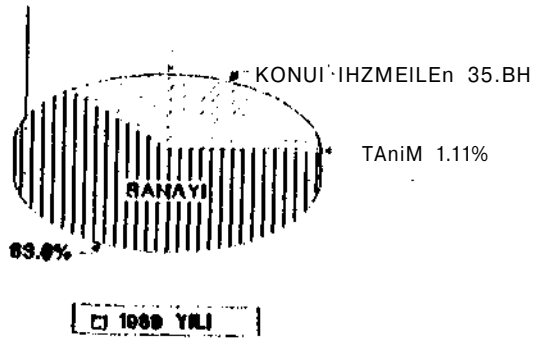
4-)Marjinal Maliyet Tarif-si: Bu sistemde» elektrik şirketi, her müşteriden tüm elektrik tüketimi üzerindeki kendi tüketimini belirten bir bedelin ilave edilmesi ilkesine dayanan bir para almaktadır. Elektrik şirketi ilk olarak her müşterinin kendi işletme maliyetlerine ne kadar ilave yaptığını hesaplar. Daha sonra şirket kendi sisteminin büyüyen talebi karşılamak için nasıl genişlemesi gerektiğini bulur. Bu büyüyen talebe tüm müşterilerin kendi katılımları oranında değer biçer/2/, ülkemizde 3 Ekim 1990 tarih ve 20654 sayılı Resmi Gazete de yayınlanan Elektrik Tarifeleri Yönetmeliğine göre endüstri-ticarethaneler için Çift Terimli tarife uygulanmaktadır Bunlardan ayrı olmak üzere endüstri-ticarethanelere Reaktif Enerji Tarifesi de uygulanmaktadır.

Yine yönetmelikte meskenler için Tek Terimli Tarife uygulanmakta ve buna göre meskenler, bir ayda harcadıkları enerjinin ilk 120

kWh için belirli bir bedeli ve bu sınırdan sonraki her kWh için daha yukarı bir bedeli ödemektedirler/3/.

### 4.TÜRKİYE DE ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİNİN SEKTÖRLERE GÖRE DAĞILIMI

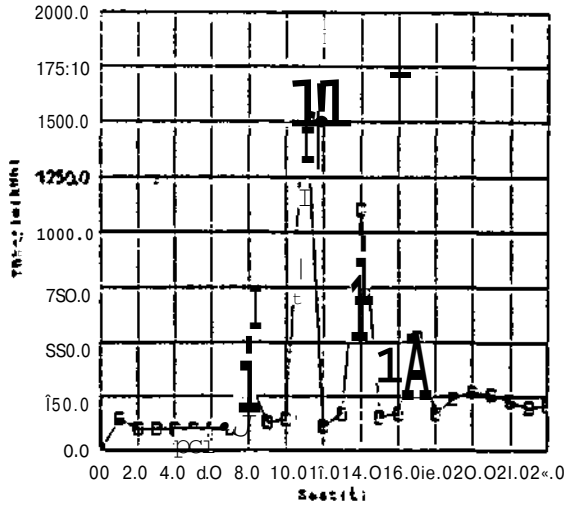
ülkemizde 1989 yılındaki elektrik enerjisi tüketiminin payları Şekil 1 de görülmektedir. Burada birincil pay % 63 oranında sanayi sektörüne ait olup daha sonra % 35,3 ile konut.-hizmetler sektörü yer almaktadır/4/.



Şekil 1 Elektrik enerjisi tüketiminde sektör payları

### 5.BİR MESKENİN ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİNİN İNCELENMESİ

Bu bölümde İstanbul ilinin Kadıköy ilçesinde bulunan 65 m<sup>2</sup> kullanım alanlı bir dairedeki 3 kişilik bir ailenin aylık elektrik enerjisi tüketimi incelenmiştir. Bu amaçla 15 Haziran 1993 tarihine rastlayan bir yaz günü seçilmiş ve her saat başındaki tüketim miktarları kaydedilmiştir(Tablol). Ayrıca tüketim miktarlarının grafiğini Şekil 2 de görmek olasıdır.



Şekil 2. Bir dairenin yaz günü için elektrik enerjisi tüketim grafiği

Tablo 1 Bir evin bir yaz günü tüketim değerleri

| Saatler     | Sayaç Değerinde Artış (Mbl) | Harcanan Enerji (Kwh) |
|-------------|-----------------------------|-----------------------|
| 23.00-24.00 | 5972,23                     | —                     |
| 24.00-01.00 | 5972,38                     | 150                   |
| 01.00-02.00 | 5972,48                     | 100                   |
| 02.00-03.00 | 5972,58                     | 100                   |
| 03.00-04.00 | 5972,68                     | 100                   |
| 04.00-05.00 | 5972,78                     | 100                   |
| 05.00-06.00 | 5972,88                     | 100                   |
| 06.00-07.00 | 5972,98                     | 100                   |
| 07.00-08.00 | 5973,08                     | 330                   |
| 08.00-09.00 | 5973,18                     | 130                   |
| 09.00-10.00 | 5973,28                     | 145                   |
| 10.00-11.00 | 5973,38                     | 1665 (M)              |
| 11.00-12.00 | 5973,48                     | 110                   |
| 12.00-13.00 | 5973,58                     | 170                   |
| 13.00-14.00 | 5973,68                     | 1105 (*2)             |
| 14.00-15.00 | 5973,78                     | 155                   |
| 15.00-16.00 | 5973,88                     | 170                   |
| 16.00-17.00 | 5973,98                     | 520 (*3)              |

|                           |         |         |
|---------------------------|---------|---------|
| 17.00-18.00               | 5976,67 | 170     |
| 18.00-19.00               | 5976,91 | 240     |
| 19.00-20.00               | 5977,18 | 270     |
| 20.00-21.00               | 5977,44 | 260     |
| 21.00-22.00               | 5977,67 | 230     |
| 22.00-23.00               | 5977,87 | 200     |
| 23.00-24.00               | 5978,08 | 210     |
| Toplam -->                |         | 6830 Vh |
| '1 : Bulaşık tak. devrede |         |         |
| '2 : Çamaşır mak. devrede |         |         |
| '3 : Otü devrede          |         |         |

Ayrıca tüketimi oluşturan aktif güçlerin yüzdelik paylarını bulmak için bir araştırma daha yapılmış ve meskende bulunan tüm elektrikli cihazların aktif güçleri tesbit edilmiştir. Ancak bilindiği gibi elektrikli cihazların kullanım anındaki harcadıkları enerji miktarı değişmektedir. Bunları tespit etmek için cihazların aylık kullanım periyodları da çıkarılmıştır (Tablo 2).

## 6. KONUT-HİZMETLER SEKTÖRÜ

Elektrik enerjisi tüketiminde % 63 ile birincil paya sahip olan sanayi sektöründe, abonelerin enerji tasarrufuna doğru yönlendirildiği bilinen bir gerçektir. Diğer yandan elektrik enerjisi tüketiminde % 35,3 ile ikincil paya sahip olan konut-hizmetler sektöründe ise enerjinin kullanımının yönlendirildiği söylenemez. Günün belirli saatlerindeki puvant yüklerden dolayı daha fazla elektrik santrali yedekte tutulmakta ve bu da hem enerjinin üretim maliyetini arttırmakta hem de bu enerjinin daha gerekli

olduğu yerlerde (örn. endüstride) kullanımını kısıtlamaktadır, Konut hizmetler sektöründe yapılabilecek ilk iş. puvant saatlerinde çekilen enerjinin birtakım önlemlerle kaydırılması yani puvant saatlerinde enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Bu önlemin uygulanabilir olması kuşkusuz yaptırım gücüne bağlıdır.

Tablo 2 Elektrikli cihazların kullanım süreleri ve harcadıkları enerji miktarı (Yaz dönemi)

| Cihaz tsi                           | Cihaz Gücü | Kullanıl Per. | Aylık Barçanan Enerji Hih-arı (AHEH) | AHHB'in Toplai Enerji Oranı |
|-------------------------------------|------------|---------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Buzdolabı (')                       | 140 I      | Ayda 200 saat | 28000 Ih                             | 23,5789                     |
| TV                                  | 80 I       | Ayda 300 saat | 24000 Ih                             | 20,2105                     |
| Bulaşık Kak. H                      | 2250 I     | Ayda 12 kez   | 19200 Ih                             | 16,1684                     |
| Aydınlatıa                          | 700 I      | Ayda 190 saat | 16600 Ih                             | 13,9789                     |
| Elk. Fırını                         | 2500 I     | Ayda 4 saat   | 10000 Ih                             | 8,4211                      |
| Eki.Kızart.                         | 900 I      | Ayda 8 saat   | 7200 Ih                              | (,031                       |
| Çaaşır Kak. n                       | 2200 I     | Ayda 5 saat   | 4(50 Ih                              | 3,9158                      |
| Kik.. Süpürge                       | 1000 I     | Ayda 4 saat   | 4000 Ih                              | 3,3(84                      |
| lltüH                               | 1000 V     | Ayda 4 saat   | 2000 Ih                              | 1,(843                      |
| Küzük Seti                          | 30 I       | Ayda 30 saat  | 900 Ih                               | 0,7579                      |
| Saç Kurt.Kak                        | 1200 I     | Ayda 1/2 saat | (00 Ih                               | 0,5052                      |
| Dişer E.Cih. (Tost Hak.* TraşAdap.) | 800 I      | Ayda 2 saat   | 1(00 Ih                              | 1,3475                      |
| Toplai ->                           |            |               | 118750iñ                             | \ 100                       |

## 7. SONUÇ

Yakın gelecekte ülkemizde de kullanılmaya başlayacak olan sayısal sayaçlarla birtakım önlemlerin gündeme geleceği bir gerçektir. Bunlar,

FLEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

--Meskenler günün puvant saatlerinde daha yüksek bir bedel ödemelidirler. Burada sayaçta kullanılacak gerçek zaman saatinin önemi ortaya çıkmaktadır. Bugün birçok ülkede meskenler için klasik Çift Terimli Tarifeler yaygın olarak kullanılmaktadır /5/. Bunun sonucunda bir meskenin elektrik enerjisi tüketiminde, diğer elektrikli cihazlara göre daha fazla enerji çeken elektrik cihazlarının (ütü, fırın, çamaşır makinası, bulaşık makinası) kullanım saatleri kaydırılmış olacaktır.

--Tablo 2 incelendiğinde enerji harcaması bakımından kullanım zamanı seçimi yapılabilecek elektrikli cihazlar ütü, çamaşır makinası ve bulaşık makinasıdır. Bunların harcadıkları elektrik enerjisi, toplam elektrik enerjisi tüketiminin % 22 sine karşılık gelmektedir. Meskenlerin belirlenecek puvant saatleri dışındaki kullanımı ise Ülke ekonomisine katkılarda bulunacaktır. Eğer hizmetler ile konut sektörünün yarı yarıya elektrik enerjisi harcadıkları varsayılır ve puvant zamanlarda farklı tarife uygulanırsa sonuçta toplam elektrik enerjisi tüketiminin % 4 üne kadar bir enerji düşük maliyetle elde edilecektir. Bu durum daha az sayıda elektrik santrali yedeklenmesini gerektirecektir.

## KAYMAKÇA

/1/Şahin,Ş., Boydak.M., Ertaş.A., Erkmn.î., Elektrik Enerjisi ölçümünde Yeni Teknoloji, ODTÜ EEMB 30.Yıl Sempozyumu, 1989 Ankara.

121 Kao, C. , Paiko. E. , An Update Reform aul Fowe'r Demand Control Load Data Vforking Group, IEEEJ Transactions On Industry Applicai.i ons , Vol. IA-15, Nu.2, March/April 1979. İZİ Elektrik Tarifeleri Yönetmeliği, Resmi Gazete , Sayı 20654, 3 Ekim 1990. İM Enerji İstatistikleri, Türkiye 5. Enerji Kongresi, 22-26 Ekim 1990, Ankara. İSTİ tideniz ö.T., Elektrik Sayaçlarının Gelecekteki Gelişimi, Kaynak Dergisi, Ocak 1987. s.10-12.

#### Yazarlara İlişkin Bilgiler

Arş.Gör.B.Koray TUNÇALP



1962 tarihinde İstanbul'da doğdu. 1984 senesinde Marmara üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nden mezun oldu. 1985 yılında aynı fakültede Arş.Gör. olarak göreve başladı. 1988 yılında U.U. Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans programını tamamladı. Askerlik görevinden sonra 1990 yılında A.B.D.'de Teknik Eğitim konusundaki çalışmalara katıldı. Fakültede Devre Elemanları ve ölçme, Elektrik Devreleri konularında yapılan uygulamalara katılmaktadır. 1991 yılında M.ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nde doktora programına girdi. Halen ter aşaraasmdadar.

Prof.Dr.Sezgin ALSAN



1968 de İTÜ Elektrik Fakültesi'ni bitiren Sezgin ALSAN Fransa'da Grenoble Universtesi'nde Nükleer ..Mühendislik ve

Doktora eğitimini 1972 de tamamladıktan sonra 1980 e kadar Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Herkesi'nde çalıştı. 1976 da İDMMA'da Doçent olduktan sonra 1989 a kadar Yıldız Üniversitesi'nde çalışan Sezgin ALSAN, 1988 de Devreler ve Sistemler Anabilim dalında profesör oldu, 1989 de Marmara üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nde Bilgisayar Teknolojisi Eğitimi Anabilim dalında görev alan Sezgin ALSAN halen Dekan Yardımcılığı görevini yürütmektedir. TR2 Nükleer Araştırma Reaktörü'nün projelendirilmesinde görev alan Sezgin ALSAN'm nükleer enstrümantasyon, bilgisayarlı kontrol sistemleri, mikroişlemciler, mikrodenetleyiciler, programların denetleyiciler konularında çalışmaları bulunmaktadır.