

# Kaskat Bağlı Gerilim Transformatörleri

Yazan:  
Fehim SEYHAN  
Elek. Y. Müh.  
Etibank

## ÖZET :

Bu yazı, yeni tip bir kaskat gerilim transformatörü üzerinde "yapılan çalışmaları özetlemektedir, özellikle çok yüksek gerilimlerde çalışacak gerilim trafolarının yalıtım problemi kolaylaştırmak için düşünülen bu yeni dizayn şekli bir klâsik transformatör ve gerilim bölücülerinden müteşekkildir. Tamamen aynı dizayn ve konstüksiyona sahip olan gerilim bölücüsü adetini değiştirerek nominal çalışma gerilimini değiştirmek mümkündür. Gerilim bölücülerini için yuvarlak bir konstrüksiyon şekli yapılmış ve bölücülerin bir buşmg içerisinde monte edilmesi mümkün olmuştur. Klâsik dizaynla mukayese edildiği zaman yeni dizaynda çok daha az bakır, saç ve yalıtım maddesi kullanıldığı için daha ekonomiktir.

## SUMMARY:

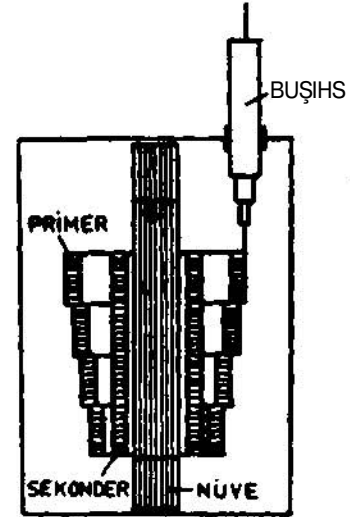
This paper is an account of icork carried out on a novel form of instrument voltage transformer tohich temce it reguures considerably less core material and insulation, is smaller and cheaper' to manu/acture than conventional typea. The transformer is split into sections consisting of a main and severai voltage deviding transformers which have coupling windings sothat the total line voltage is dtvided egually amongst tUem. A brief treatment of the design criteria involved and the performance of this type of transformer is given vvhich, , suggests \ that it has many advantages över conventional types an important one being that the voltage rating may be extended to a high etegrece by identical voltage deviding umt\$ thhose form. and construction is altoays the same. A transformer tor İSİ KV. ivasdesigned constructed and gave results vvhich İshoiced it to come withın the accuracy class of 0.5%.

## KASKAT BAĞLANTIŞEKLİ

Kaskat bağlı transformatörlerin çalışma prensiplerini ve avantajlarını daha iyi anlayabilmek için, faz nötr arasına bağlı bir gerilim transformatöründen başlayıp muhtelif bağlantı şekillerini' İnceleyerek kaskat bağlı gerilim! transformatörleri teorisini kurmaya çalışacağız.

Şekil 1'de gösterilen faz nötr arasına bağlanmış bir gerilim) transformatörünün İzolasyon problemi düşünülürken prlmer sargının folr ucu toprağa diğer ucu yüksek gerilim hattına bağlı olduğuna göre gerilim toprak potansiyelinden başlayıp sargı boyunca yükselip, yüksek gerilim hat potansiyeline gelecektir. Bu durumda Şekil 1 de gösterilen yalıtım şeklini tatbik etmek gereklidir. Primer sargının bir ucu tank ve nüveye karşı nominal çalışma gerilimine yalıtılmalıdır.

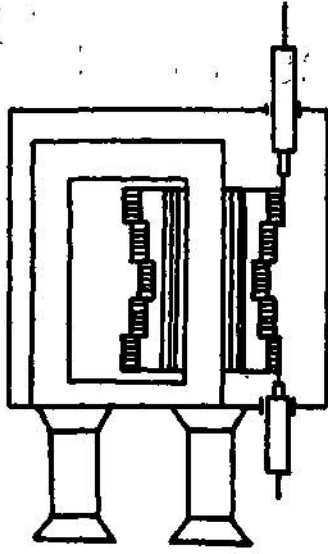
Şekil 2'de gösterildiği gibi primer sargının orta ucu nüve ve kazana bağlandığı takdirde primer sargı, çalışma geriliminin yalnız 1/2'sine yalıtılmalıdır. Fakat bu durumda nüve kazan toprağa nazaran nominal çalışma geriliminin 1/2'sine yalıtılmalıdır. Bir İleri adım daha atıp prtmer sargı bölünüp ayrı nüveler üzerine sanlırsa her ünite nominal gerilimin 1/2'sine yalıtılmalıdır.



ŞEKİf. 1

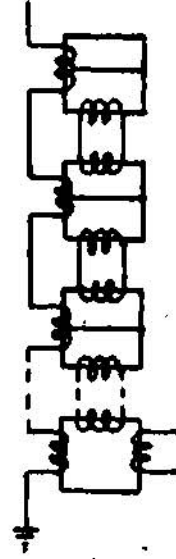
Bu durumda iki ünite müstakil olarak imAl edilip monte edilebilir.

Bütün çalışma şartları altında gerilim dağılımı eşit olsaydı bu sistem iki üniteli bir kaskat gerilim trafosu olarak çalışabilecekti, fakat İler-



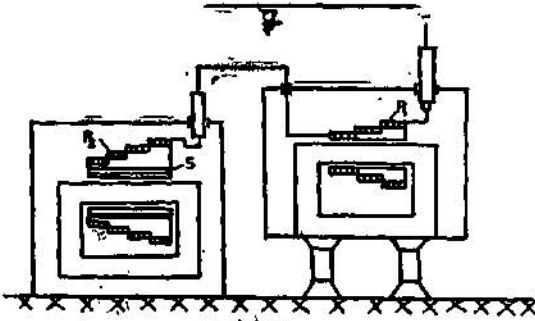
ŞEKİL 2

de yapacağımız analizden görüleceği gibi bütün çalışma şartları altında ünitelerdeki gerilim dağılımı eşit değildir. Bundan dolayı gerilim dağılımını eşitlemek için kuplaj sargıları kullanmak zorunludur.



ŞEKİL 5

Yapılacak analiz için Şekil 5 de görülen üç üniteden müteşekkil kaskat bağlı gerilim transformatorü incelenecek olursa;



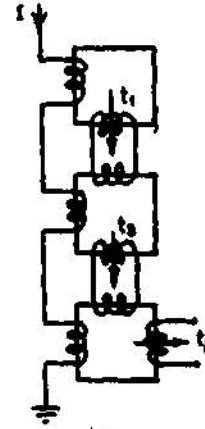
ŞEKİL 4

Ünite adedi 2'den n adede yükseltirse her ünite nominal gerilimü  $1/n$  İne yalıtılmalıdır. Şekil 2 de gösterilen bağlantı, işekli tatbik edildiği takdirde her ünite nominal gerilimln yalnız  $1/2n$  sine yalıtılmalıdır."

Şekil 4 de n ünitelik bir kaskat gerilim trafosu görülmektedir. Ünitelerin p'rimar sargılarında herhangi bir gerilim farkı kuplaj sargılarında indüklenen gerilimlerde bir fark meydana getirecektir, böylece indüklenen. bu farklı gerilimler bir sirkülasyon akımı yaratıp primer gerilimleri dengelyeceklerdir.

#### KASKAT GERİLİM TRANSFORMATÖRLERİNİN ÇALIŞMA PRENSİBİ:

Bu kısımda kaskat gerilim transformatorlerinin çalışma durumu analizini yapıp dizayn için bazı lüzumlu sonuçlara varmaya çalışılacaktır.



ŞEKİL 5

$I_1$  : primer akım

$I_2$  : sekonder akım

$t_1$  : yükün çekildiği amper - sarım

$t_2$  : transformator prensiplerine göre birinci üniteden ikinci üniteye geçen amper - sarım

$t_3$  : transformator prensiplerine göre ikinci üniteden üçüncü üniteye geçen amper - sarım

$N_j$  : ünitelerin primer sarım adedi

$a_1, a_2, a_3$  : Sıra ile 1, 2 ve 3'üncü ünitelerin manyetik devrelerini mıknatıslamak için gerekli amper - sarım

Primer amper - sarımın bir kısmı manyetik devreyi mıknatıslayacak, geriye kalan kısmı ise transformatör prensiplerine göre sekonder devreye nakledilecektir. Bu prensip mevcut kaskat gerilim transformatörüne tatbik edilirse,

$$\begin{aligned} I^- N_x &= \bar{a}_1 + \bar{t}_x && \text{Birinci Ünite} \\ I^- N_1 + \bar{a}_1 &= i_1 + I_1 && t\text{Wnci Ünite} \\ I^- N_x + F &= \bar{U}_s + T_L && \text{Üçüncü Ünite} \end{aligned}$$

veya d)

$$\begin{aligned} T_s &= 2 I^- N_x - (J_1 + J_2) && (2) \\ \bar{I}_L &= 3 I^- N_x - (a_j + a_j + 33) \end{aligned}$$

ünite adedi n adede yükseltirise :

$$\begin{aligned} \bar{t}_{n-1} &= (n-1) I^- N_1 - \sum_{n=1}^{n-1} \bar{a}_n && (3) \\ \bar{t}_n &= n I^- N_1 - \sum_{n=1}^n \bar{a}_n \end{aligned}$$

(n-1)'inci ünite için denklem (3) incelenirse eğer;

$$(n-1) I^- N_1 > \sum_{n=1}^{n-1} \bar{a}_n \quad (4)$$

$\bar{t}_{n-1}$ , pozitif olacak (Şekilde kabul edilen t yönü doğrudur) eğer;

$\bar{t}_n$ , negatif olacak (Şekilde kabul edilen t yönü ters olacak) eğer;

$$(n-1) I^- N_1 = \sum_{n=1}^{n-1} \bar{a}_n \quad (6)$$

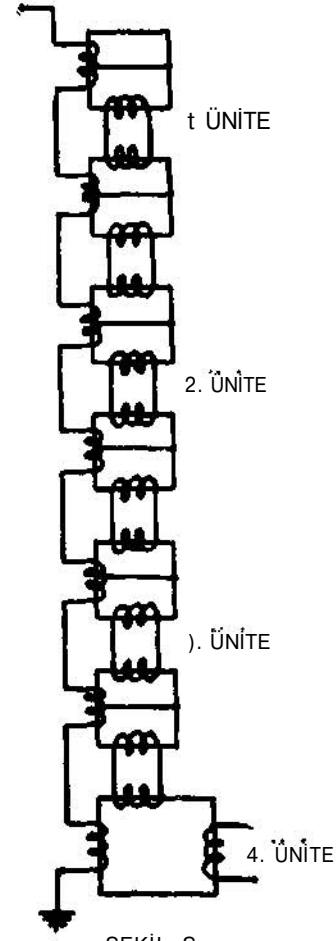
$\bar{t}_{n-1} = 0$  (n-1 ve n'inci üniteler arasındaki kuplaj sargılarından sirkülasyon akımı geçmeyecektir).

(4), (5) ve (6)'nci denklemlerden anlaşılacağı gibi eğer dizaynda müsait devre parametreleri seçildiği takdirde; t'lerin boşa çalışma anında negatif, tam yükde pozitif ve bu iki değer arasında bir yerde sıfır olacağı görülür. Bu hususa dikkat edilmediği takdirde sirkülasyon akımları çok fazla olacak, bunu karşılamak için daha kalın iletken kullanmak mecburiyeti hasil olacak ve geçen sirkülasyon akımları açı ve oran hatalarını büyütecektir.

#### İMAL EDİLEN 154 kV'luk GERİLİM TRANSFORMATÖRÜ :

İmal edilen 154 kV'luk kaskat gerildin transformatörü; bir klâsik ve üç gerilim bölücüsü olmak üzere 4 üniteden müteşekkildir.

Dördüncü ünite klâsik şekilde hesap edilmiş ve 25 KV'a izole edilmiş bir gerilim transformatörüdür, diğer 3 gerilim bölücü ünitesi beheri 25 kV'a göre inşa edilmiş olup iki transformatörden müteşekkildir. Gerilim bölücüleri için klâsik



ŞEKİL: S

konstrüksiyon şekli yerine (Şekil 7) de görüldüğü gibi sargı ortada ve nüve sargı etrafına dağılmış vaziyette olmak üzere bir İnşa tarzı yapılmıştır.



Şekil 7

Bu konstrüksiyon şeklinin en büyük avantajı yuvarlak bir şekle sahip olduğu için bir buşing içersine yerleştirilmesinin mümkün oluşudur. Ya-



Şekil: S — 154 kV gerilim transformatör ünitesinin monte edilmiş hali.

154 kV'luk transformatörde son klâsik ünite bir kazan içerisinde yerleştirilmiş olup diğer gerilim bölücüleri buşing ferisine monte edilmişlerdir. Son klâsik ünitenin nüvesi toprak ve kazana, irtibatlı olduğu için toprak potansiyelindedir, bu üniteyi takip eden ilk gerilim bölücü ünitesi ile klâsik ünite nüvesi arasında 31.25 kV olduğu için aralarında bu değeri kargıyacak bir yalıtım sistemi mevcuttur. Komşu gerilim bölücü üniteleri arasında 25 kV vardır ve bu değere yalıtılmışlardır.

Tapılan ölçmelerden sonra bu transformatörün gerekli sarım sayısı düzeltilmesi yapıldıktan sonra 0.3 sınıfına girebileceği anlaşılmıştır. Şekil 9 da görüleceği gibi ilâve edilen ünite, hataların lineer olmayarak artmasına sebep olmaktadır. Eklenen ünitelerle hataların artması ünite adedini sınırlamaktadır.

#### NİBİTÖE :

Çok yüksek gerilimde yalıtım problemi karşımıza büyük bir mani olarak çıkmaktadır, Klâsik tıpde dizayn edilen yüksek gerilim trafoları çok büyük, ağır ve pahalı olmaktadır.

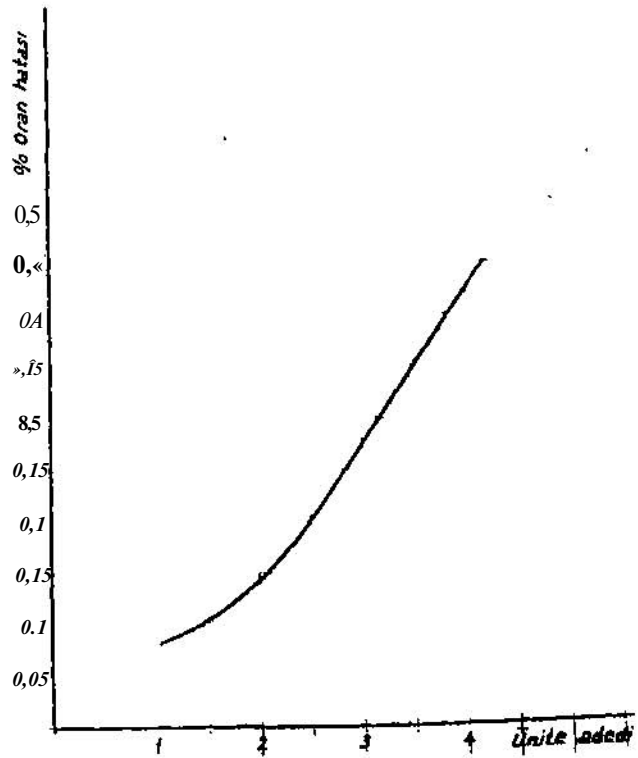
'Kaskat gerilim trafolarında klâsik dizayn'lara nazaran çok daha az bakır, saç ve yalıtım

maddesi kullanılmaktadır ve hepsinden önemlisi yalıtım: problemini basitleştirmektedir.

Yapılan yeni dizayn şeklinin en büyük özelliği gerilim bölücülerinin yuvarlak bir konstrüksiyona sahip oluşu ve bu durumda fazla bir hacim kaybı olmadan bir buşing içerisinde yerleştirilme imkânı oluşmaktadır.

Yapılan ilk prototipin (1963) en büyük dezavantajı gerilim bölücülerinin dış çapının 48 cm oluşu, bunun için geniş buşinglerin kullanılma mecburiyeti oluşudur, tik prototipi takip eden çalışmalarımızda esas fikir aynı olmakla beraber gerilim bölücüleri için bazı konstrüksiyon değişimleri yapmakla bunları 190 mm iç çapa haiz bir buşing içerisine yerleştirilmeleri mümkün olmuştur.

Bu yazıda izah etmeye çalıştığımız kaskat gerilim transformatörlerinin yalnız faz nötr arasında çalışmaya müsait olduğunu not etmekte fayda görüyoruz.



Şekil : 9

#### REFERANSLAR :

- 1) Fehlm Seyhan, Design Construction and Operation of Voltage Transformers Connected in Cascade MCC. Thesis O.D.T.Ü. 1966.
- 2) Harris Electrical Measurements.

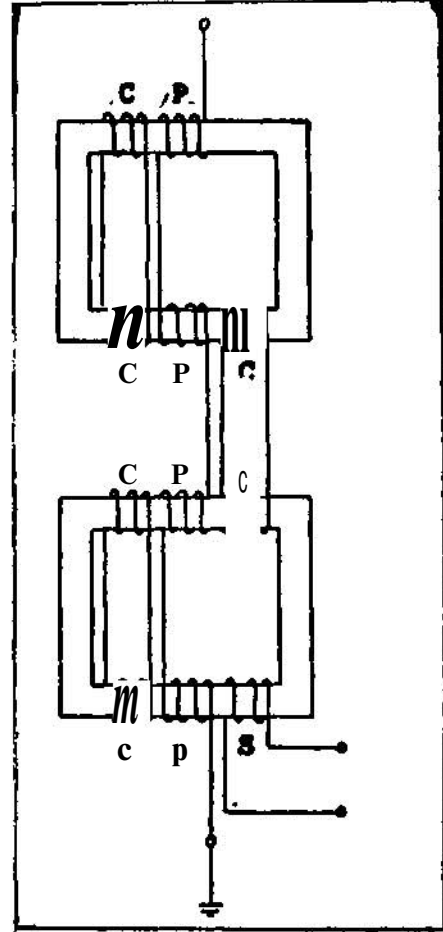
# Britanya'nın 400 kv Luk İlk Kaskad Gerilim Transformatorü<sup>0</sup>

Britanya Elektrik Kurumu (Central Electricity Generating Board) nun Cheshire'deki Daines ayırma istasyonunda yapılan, 400 kVluk İlk kaskad gerilim transformatorü prototipinin tecrübe ve kabul muayenelerine alt başarılı ve şümüllü bir çalışmadan sonra, Kurumun proje bölümü ABI (Associated Electrical Industries Ltd) firmasına 34 adet gerilim transformatorü sipariş etmiştir. Kaskad gerilim transformatorü Britanya'nın 400 kVluk sistemleri için ucuz ve küçük bir elektromanyetik ünite olarak AEI tarafından geliştirilmiş olup, iki yıl önce ihraç piyasasına arz edilen 220 kVluk ünitenin daha geliştirilmiş bir örneğidir.

Kaskad transformator, eşdeğeri olan bölücü kondansatörlü gerilim transformatoründen daha küçüktür (548 cm. e karşılık 419 cm), ve 400 kVluk sistemde faz - toprak gerilimi için daha hassas bir görünüm sağlamaktadır. Koruma ve gerilim okumaları maksadlarına münhasıran kullanılan kondansatörlü gerilim transformatorünün  $\pm \% 2$  olan duyarlılığı (hassasiyeti) 400 kV da ölçme ve kontrol maksatları için yetersizdir. Halbuki kaskad bir transformatorle it  $\% 0,25$  lik bir hassasiyet elde etmek mümkündür 150 kVluk olan ünite  $228600 \cdot 63,5$  gerilim oranını haizdir ve tngllz Standardları Enstitüsünün BS 3941 : 1965 Standardına uygundur. Kaskad bağlı altı kat halinde imal edilmiş olup, yağla empenye edilmiş kâğıt izolasyonludur. Transformator paslanmaz çelikten mamul bir körükte hermetik olarak (sızdırmaz şekilde) kapatılmış olup özel olarak geliştirilmiş ve gaz yayımı halinde alarm verecek bir gaz detekslyonü ünitesini haizdir.

Konvansiyonel (mutad) tipte bir gerilim transformatorü tek primer sargısı haiz olup 132 kVun üstündeki sistemler için tasarlanması halinde pahalı ve büyük hacimli (cesim) dir. Kaskad gerilim transformatoründe tek primer prensibi terkedilmiş olup, seri bağlı birkaç bölümdeki primer sargısı, beher katın hissesine isabet eden genilimi düşürür. Primer sargısının tertiplenmesinde her bir manyetik çekirdek birbirine bakan kenarlarda iki sargısı haizdir, sekonder sargısı ise sadece son kat üzerindedir. Katlar arasında çift çift olan kuplaj sargıları, primer ve sekonder yük akımlarının akığı için düşük empedanslı devreler teşkil eder ve katlar arasında gerilim dağılımını sağlar. Sekonder sargısı yüklendiğinde akım kuplaj sargılarında akarak her kat tiki amper - sarımların dengesini korur ve primer ve sekonder sargıları arasındaki kaçak reaktansını azaltarak minimuma indirir. Çekirdeklerin ve

kuplaj sargılarının toprağa nazaran potansiyelleri, primer sargıları üzerinde seçilmiş noktalara bağlanmak suretile belirli değerlere tesblt edilmiştir.



P Primer sargısı  
S Sekonier sargısı.  
C Kuplaj sargısı

Primer sargısının birkaç kattan (prototipte 6 kat, şekilde sadece son iki kat gösterilmiştir) meydana gelmesi sebebiyle, her katın yalıtım seviyesi sistemin yalıtım seviyesinin bir kesri kadar olmakta, bunun sonucunda da küçük hacimli bir ünite meydana gelmektedir. Çekirdek ve sargıların bir porselen mahfaza (zarf) içine sığması sebebiyle konvansiyonel dizayna eklenen büyük kazanlara lüzum kalmamaktadır. Dolayısıyla

(\*) Bu haber makale ile ilgili olduğu için burada yayınlanmıştır —Elektrik Mühendisliği —

kaskad transformatörler daha küçüktür, daha az yağ: ihtiva eder ve konvansiyonel ünitelere nazaran daha ucuzdur.

Çekirdekler soğuk çekilmiş silisyumlu saçtan yapılmış olup, saç şeridin sarılması ile yapılmış kademeli kesiti haiz bacaklar dairesel bobinlerin kullanılmasına izin verirler. Primer sargılar çok katlı olup emaye ve kâğıt yalıtımlı iletkenlerle sarılmıştır. Kat aralan yalıtımı birkaç kâğıt kalınlığından meydana gelmiş olup, içten dışa doğru katların aksel genişliğini azar azar azaltmak suretille, kat uçlarının çekirdeğe nazaran yalıtımı tedrici olarak (azar azar) artırılmıştır.

Sekonder ve kuplaj sargıları kâğıt yalıtımlı bakır şeritlerle tek veya daha fazla katlar halinde sarılmıştır.

Primer sargının sonuna bağlanmış bir gerilme ekranı geçici şartlar altında sarımlar arasındaki elektrik zorlanmayı minimuma indirir. Her bir primer sargının hemen üzerindeki diğer ekranlar dış katlar üzerindeki zorlanmayı dengeleyerek, kuplaj sargısı da iç katların altında benzer maksatla kullanılır. Sargıları çekirdek üzerinde bir araya getirdikten sonra, hepsi birden, taba-

kalar halinde preslenmiş ahşaptan yapılmış mesnetler üzerine yerleştirilmiş tek bir ünite teşkil ederek porselen zarfın içine konmuştur. Primer sargının hat ucu porselen zarfın tepesindeki terminal hücrelerine getirilmiş, primer sargının topraklanmış ucu ve sekonder uçlar ünitenin altındaki kutunun içindeki terminallere bağlanmıştır. Bir yardımcı sigorta ve terminal kutusu mesnet konstrüksiyonuna monte edilmek üzere birlikte verilmektedir. Transformatör hermetik (sızdırmaz) olarak kapatılmış olup, sıcaklık derecesindeki değişmeler sebebiyle yağ hacminde meydana gelen artma ve azalmalar için üst hücre bir esnek madeni körük ile teçhiz edilmiştir.

Kaskad gerilim transformatörü nominal (anma) gerilim ve frekansa sıfır ve 150 VA de duyarlık ölçmesi için rutin testlere, yüksek gerilime yaşta dayanma, impuls (darbe) gerilimine dayanma, açma-kapama aşırı gerilimlerine dayanma, ısınma ve nominal gerilimin % 80, % 100 ve % 120 değerlerinde duyarlık tecrübelerinden meydana gelen tip testlerine tabi tutulmuştur.

(Proceedings ve Electrical Review dergilerinde yayınlanmış haber - yazılardan derlenmiştir).

## **TÜRKİYE ÇİMENTO SANAYİİ T.A.Ş. den ELEKTRİK MÜHENDİSİ ALINACAKTIR**

Elâzığ Çimento Fabrikasında çalıştırılmak üzere Elektrik Yüksek Mühendisi veya Mühendisi alınacaktır.

Atanacaklara 4/10195 sayılı kararname esaslarına göre yevmiye verileceği gibi lojmanda tahsis olunacaktır.

Ayrıca başarısı görülenler bilgi ve görgülerini arttırmak amacıyla yurt dışına da gönderilecektir.

Taliplilerin Türkiye Çimento Sanayii T.A.Ş. Personel Müdürlüğüne şifahi veya yazı ile müracaatları ilân olunur.

**BASIN : A - 17019/3**