

Transformatörlerin Kurutulması ve İzolasyon Dirençlerinin Ölçülmesi

Yazan :
Etem SAĞ
Elk. Y. Müh.
D.S.t.

Elektrik Mühendisliği mecmuasının 10. cildinin 113. (Mayıs 1966) sayısında «Döner Elektrik Makinaların Kurutulması ve İzolasyon Direncinin ölçülmesi» izah edilmiş idi Bu sayıda da Transformatörlerin kurutulması ve izolasyon direncinin ölçülmesi izah edilmiştir. "Yazı serisi birbirini tamamladığı için incelemelerde her iki yazının birlikte tetkiki uygun olacaktır.

Transformatörler yağh veya gazlı olarak nakledilirlerken veya işletme, bakım, onarım sırasmda rutubet almış iseler mutlaka kurutma işlemine tâbi tutulmaları lâzımdır.

Transformatörlerin kurutulması için umumiyetle üç metod tatbik edilmektedir.

1. Sıcak hava ile kurutma
2. Sıcak yağ dolaştırmak suretiyle kurutma
3. Sargıları kısa devre etmek! suretiyle kurutma

Kurutma metotlarından herhangi birinin seçiminde ve tatbikinde daima imalatçı firma talimatlarına dikkat edilmesi lâzımdır. Bu kurutma metotlarından bir veya birkaçı aynı zamanda tatbik edilebilir.

1. Sıcak hava ile kurutma :

Sargıların sıcak hava ile kurutulması trafonun bizzat kendi tankı içerisinde yapılabileceği gibi trafo etrafında teşkil edilmiş özel oda içerisinde de yapılabilir. Sıcak hava bir vantilatör vasıtasıyla transformatörün altından meselâ drenaj vanasından verilir. Havanın üstten çıkması için üst kapak üzerindeki izolatör emniyet vanası v.s. yi sökmek suretiyle münasip delik bırakılır.

Transformatör içerisine toz v.s. gibi izolasyon seviyesini düşürücü yabancı maddelerin girerek sargı ve tank gövdesine yapışmalarının önüne geçmek için sıcak hava girişine bir toz filtresinin ilâvesi icabeder. Isı kaybının azaltılması ve tank içinde yoğunlaşma olmaması için de tankın üzeri bir örtü ile örtülebilir.

Isıtma üniform olmalı ve transformatör tamamen kuruyuncaya kadar muntazaman sıcak hava şevkine devam edilmelidir. Kurutma süresi transformatörün büyüklüğüne ve keza bu da transformatörün gerilimine ve gücüne bağlı olduğu gibi sevkedilen havanın miktarı ve sıcaklığına da bağlıdır. Bununla beraber izolasyonun bozulmasına sebep olmamak için hava sıcaklığının artırılması sınırlandırılmış olup hiç bir suretle 100°C geçmemelidir. Keza 80° C dende az olmalıdır. İzolasyonun cinsine göre ancak imalatçının müsaadesini almak şartıyla 100°C nin biraz üstünde 100°C ye kadar çıkılabilir. Hava miktarı sıcak havanın çıkışı 60 - 75°C ve hatta İmkâna göre 95°C a çıkacak şekilde ayarlanabilir. Sıcak havanın transformatöre giriş ve çıkış yerlerine termometre takılmalıdır.

Transformatörün bütün teçhizatı takılmış olarak kurutulması tavsiye edilir.

Şayet transformatör kendi tankının dışında bir yerde kurutulmuş ise kurutma işlemi bittiği anda tank muhit sıcaklığındaki temiz yağ ile süratle doldurulmalı ve transformatör sargıları takriben 75 °C iken derhal tankına yerleştirilmelidir. Sıcak yağın havadan rutubet emme temayülünde olduğu hiçbir zaman akıldan çıkmamalıdır. Transformatörün üst kapağının yerleştirilmesi ve genişleme kabının yağ ile doldurulması esnasında yağ içerisinde kalmış olan havanın atılabilmesi için, transformatör soğutucuları takıldıktan sonra, takriben bir kaç saat nominal akım geçirilerek çalıştırılır. Bunu yapmak için yüksek gerilim veya alçak gerilim taraflarından biri kısa devre yapılır, diğer uca gerilim tatbik edilir. Tatbik edilecek gerilim, nominal gerilimin, transformatörün kısa devre gerilimine oranı nisbetindedir. Yani transformatörün kısa devre gerilimi $uk \approx \% 6$ ve yüksek gerilim tarafı 30.000 volt, alçak gerilim tarafı 6000 volt ise, yüksek gerilim tarafına tatbik edilecek gerilim takriben $30.000 \times \% 6 = 1800$ volt olacak ve alçak gerilim tarafına kısa devre edilecektir. Alçak gerilim tarafına gerilim tatbik edilecek ve yüksek gerilim tara-

fi kısa devre yapılacak ise tatbik edilecek gerilim $6000 \times 6 \% = 360$ volt tur.

Sargılardan nominal akımın geçirilmesi sırasında transformatör ısınacağından yağ içerisinde kalmış olan hava tedricen atılmış olur. Böylece transformatör servise girdiği zaman Buchholz rölesinin lüzumsuz olarak çalışmasının önüne geçilir.

Transformatörün kurutulması esnasında vakum da tatbik edildiği takdirde kurutma süresi kısaltılmış olur.

İHTAR :

TRANSFORMATÖRE VAKUM TATBİK EDİLİRKEN İMALATÇI TARAFINDAN TANKIN BU VAKUMA DAYANACAK ŞEKİLDE İMAL EDİLİP EDİLMEDİĞİNİN TAHKİKİ LAZIMDIR, VAKUMA DAYANACAK ŞEKİLDE İMAL EDİLMEMİŞ İŞE TANK ÇELİK PUTRELLERLE TAKVİYE EDİLMELİDİR.

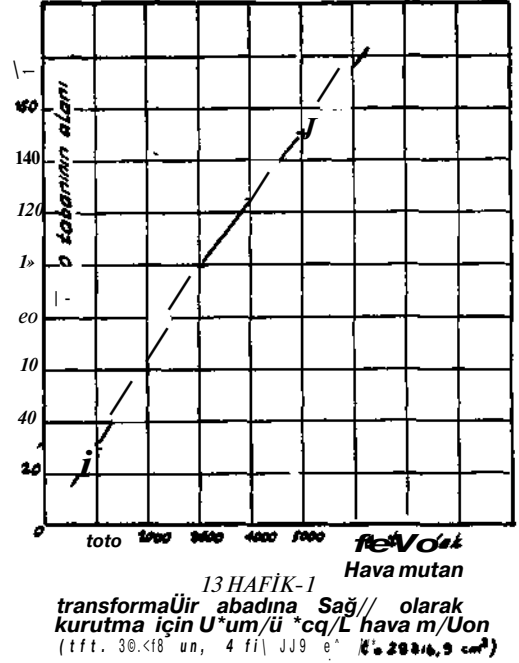
Kurutma boyunca muayyen aralıklarla tanka sıcak hava şevki durdurulur ve transformatöre 5 mm Hg basıncı altında bir vakum tatbik edilir. Vakum suyun çabuk buharlaşmasını temin eder. Kurutma işleminin sonunda transformatör bir kaç saat vakum altında tutulmalı ve derhal, mümkünse vakum altında yağla doldurulmalıdır. Yağın doldurulma hızı öyle olmalıdır ki üstte vakum daima mevcut olsun. Sargılar tamamen yağla örtüldükten sonra yağ şevki durdurulmalı ve bir kaç saat vakum tatbikine devam edilmelidir. Böylece yağda kalan bütün gazlar atılmış olur.

Transformatörlerin kurutulmasında kullanılan takribi hava miktarı transformatörün boyutlarına bağlı olarak grafik 1 de gösterilmiştir.

Kurutma süresi transformatörün büyüklüğüne ba*li olmakla beraber trafo büyüklüğü az çok gerilimle orantılı olduğundan transformatörün işletme gerilimine bağılı olarak takribi kurutma süresi de grafik 2 de gösterilmiştir.

Tranformia'or kuruduktan ve yağ doldurulduktan sonra 24 saat bekletilir, bu sürenin sonunda yağın dielektrik dayanımı ve trafonun izolasyon direnci ölçülür. Normal ise kurutma bitmiştir. Normal değil ise, bu defa sıcak yağ dolaştırmak suretiyle bir süre kurutmaya devam edilir.

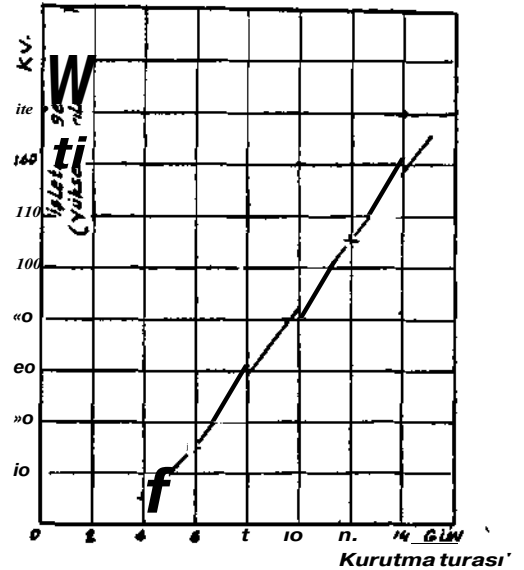
Sıcak hava ile kurutma metodu çok elverişli ve tavsiyeye şayandır. Fakat ilâve teçhizata ihtiyaç gösterir.



2. Sıcak yağ Dolaştırmak Suretiyle Kurutma :

Bu metotla transformatörlerin kurutulması hem kolaydır hem de en az teçhizat ister. Fakat kurutma süresince yağın sıcaklığı daima yüksek tutulduğu için yağın berrak rengi kolaylaşır ve ömrü azalır.

Transformatörlerin sıcak yağ dolaştırmak suretiyle kurutulması kendi tankında yapılır.



Kurutma işi terminaller, yağ genişleme kabı, radyatörler takılı iken yapılmalıdır. Kurutmanın başlangıcında ısı kaybını azaltmak ve ısının tankta süratle yükselmesini temin etmek maksadiyle soğutucu vanaları kapatılır ve ısı yükselince tedricen açılır. Sıcak yağ alttan verilir, üstten alınır. Yani transformatör ve ısıtıcıyla teçhiz edilmiş yağ tasfiye cihazı bir kapalı devre teşkil eder. Transformatörün büyüklüğüne ve yağ tasfiye cihazının kapasitesine göre bir veya iki yağ tasfiye cihazı kurulmada kullanılabilir. Meselâ ağırlığı 30 tona kadar olan transformatörlerde saatta 1200 litre kapasiteli yağ tasfiye cihazı ihtiyaca kâfidir. Trafo ağırlığı 30 ton dan büyük olanlarda iki yağ tasfiye cihazı veya daha büyük kapasitede bir cihaz kullanılır.

Yağ tasfiye cihazı çıkışında yağ sıcaklığı 90°C yi aşmamalı, transformatöre yağın girişinde sıcaklık 80-85°C olmalıdır.

Her 24 saatta bir yağın dielektrik dayanımı, ve 4 ilâ 6 saatta bir de transformatörün izolasyon direnci ölçülmelidir.

Kurutma işini hızlandırma ve yağ tasfiye cihazı ısıtıcısına yardımcı olma bakımından düşük gerilimde sargı uçlarını kısa devre etmek suretiyle trafodan nominal akım civarında akım geçirilerek sargıların ısınması temin edilebilir. Fakat bu işlem devamlı dikkat ve sargı sıcaklığının muntazaman kontrolünü icabetir.

Keza transformatöre vakum tatbik etmek suretiyle de kurutma müddeti kısaltılabilir. Sıcak hava ile kurutma bahsinde de belirtilmiş olduğu gibi transformatör kazanının tatbik edilecek vakuma dayanıp dayanamayacağı tahkik edilmeli, icabederse kazan takviye edilmelidir.

Kurutma işlemi tamamlandıktan sonra yağ normal seviyesine kadar doldurulup 48 saat beklenir. Bilâhare yağın dielektrik dayanımı, transformatörün izolasyon direnci ölçülür. Matluba muvafık ise transformatör kurtulmuş demektir.

3. Sargıları kısadevre etmek suretiyle kurutma :

Bu usulle kurutmada transformatör tankı sargıları tamamen örtecek şekilde yağla dolu olacaktır. Isı kaybını azaltmak maksadıyla yağın soğutuculardan geçmesi önlenilebileceği gibi tankın üzeri ayrıca bir örtü ile de örtülebilir. Bu takdirde sargılardan nominal akımın çok altında bir akım geçirildiği halde bile trafoyu kurutmak için lüzumlu sıcaklıklara erişibi-

li. Meselâ tam yük akımının 4 veya 5 te biri kâfi gelebilir. Akımı tedricen arttırarak sargıların yavaş yavaş ısınmasını temin etmeli ve yağ sıcaklığı 80-85°C ye erişince sıcaklık bu de recedé sabit kalacak şekilde sargı akımı ayarlanmalıdır. Sargı ve yağ sıcaklıkları daimi olarak kontrol edilmeli ve imalâtçı firmanın vermiş olduğu değerleri sureti kafiyyede geçememelidir. Isınan sargı izolasyon maddesi yavaş yavaş rutubeti bırakır ve sıcak yağda rutubet emme temayülünde olduğundan sargılardan rutubeti alır. Bu yağ, yağ tasfiye cihazından geçirilerek rutubeti alınır. Trafo ile yağ tasfiye cihazına bir kapalı devre teşkil ettirerek devamlı olarak yağ dolaştırılır ve rutubeti alınır. Muayyen aralıklarla trafonun izolasyon direnci ve yağın dielektrik delinme gerilimi ölçülür.

Transformatörün sargılarını kısa devre ederek sargılardan akım geçirilmesinden maksat trafo sargıların ile yağın ısıtılmasıdır. Daha önce de belirtilmiş olduğu gibi sargıdan nominal akımı geçirebilmek için gerilim' tatbik edilecek sargıya nominal gerilimin, trafonun kısa devre gerilimine oranı nisbetinde gerilim tatbik edilir,; diğer taraf kısa devre yapılı. Meselâ 30 000/6 000 voltluk tranfonun kısa devre gerilimi % 6 ise yüksek gerilim tarafına $30.000 \times 0,06 = 1800$ volt tatbik edildiği ve alçak gerilim tarafı kısa devre edildiği takdirde, sargılardan nominal akım geçer. Başlangıçta daha düşük gerilim tatbik edilir ve tedricen gerilim artırılarak sargı akımı da artırılır.

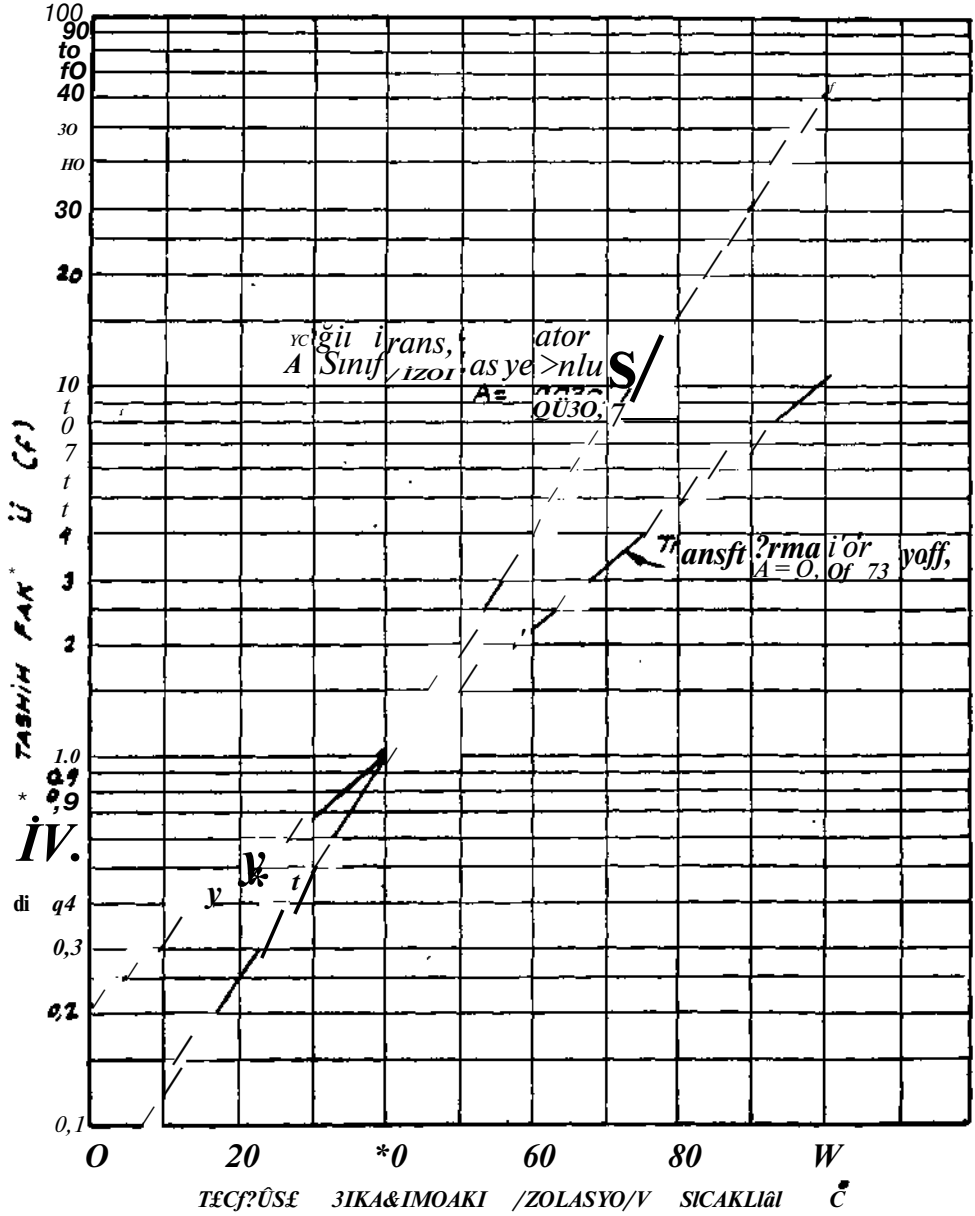
Kurutma suresini kısaltmak bakımından tanka vakum da tatbik edilebilir. Fakat tankın bu vakum'a mukavim olup olmadığı tahkik edilmeli, icab ederse tank takviye edilmelidir.

Bu usulle kurutmada gerilim ayar kademe sargılarının hepsinin servise sokulmasına dikkat edilmelidir.

Kurutma işleminin sonuna doğru soğutucu vanaları açılır. Kurutma bittiği zaman 48 saat beklenir ve transformatörün izolasyon direnci ile yağın dielektrik dayanım gerilimi ölçülür. Uygun ise kurutma bitmiştir.

Transformatörlerin kurutulma süresi :

Kurutma süresi için belirli bir zaman söylemek çok güçtür. Transformatörlerin kurutulma süresi transformatörün büyüklüğüne ve kurutmaya başlandığı andaki transformatörün rutubetlilik derecesine bağlı olarak çok değişir. Bu süre birkaç günden birkaç haftaya kadar sürebilir. Pek tabii olarak kurutma süresi kurutma metoduna, kurutma sıcaklığına da tabidir. Transformatörün gerilimi ile boyutları arasında oldukça yakın bir bağıntı olduğundan işletme gerilimine bağlı olarak takribi kurutma süresi grafik 2 de gösterilmiştir.



GRA FİK - 3

İZOLASYON ÖLÇÜMLERİNİN SICAKLIK TASHİH FAKTÖRÜ GRAFİĞİ

Transformatörün kuruyup kurumadığının kontrolü :

Döner makinalarda izolasyonun temiz olup olmadığını ve rutubet alıp almadığını tesbit etmek maksadıyla izolasyon direncinin minimum değerleri tesbit edilmiştir. Halbuki transformatörler için böyle belirli bir değer vermek mümkün değildir. Ancak imalatçının vermiş olduğu değerler ile transformatörlerin servise alınmasından sonra zaman zaman yapılan ölçüler neticesinde elde edilen değerler daima mu-

hafaza edilir ve bu değerlerin karşılaştırılması suretiyle transformatörün kuru, izolasyon direncinin normal olup olmadığı hakkında karar verilebilir. Bu ölçüler her sargı arasında ve sargı'larla gövde arasında yapılmalıdır.

Transformatör izolasyonunun kuruluşu hakkında bir fikir edinmek için iki tecrübe metodu vardır.

1. İzolasyonun güç faktörünün tesbiti
2. İzolasyon direncinin ölçülmesi ve dielektrik absorpsiyon eğrisinin çıkarılarak polarizasyon indeksinin bulunması.

Bu metodlardan biri veya mümkün ise ikisi birden tatbik edilir ve elde edilen değerler, imalâtçının vermiş olduğu değerlerle veya transformatör ilk defa servise girdikten sonra alınmış olan değerlerle mukayese edilir. Transformator kuru ise bu defa yağın dielektrik dayanım gerilimi ölçülür.

Yukarıda izolasyon direnci için belirli bir değer vermek mümkün değildir, denilmiştir. Bazı imalâtçı firmalar tecrübelerine dayanarak gayet takribi bir takım değerler vermektedirler. Meselâ ACEC. «Three phase Transformers, Erection, Drying Maintenance 62006» da transformatörün izolasyon direnci, nominal gerilimin beher kV u başına takriben 8-10 megaohm olmalı, minimum 400 megaohm'dan da az olmamalıdır, denilmektedir. (20 C° deki direnç). OY Stromberg «oil-cooled Power Transformers Erection and Maintenance Instruction» da ise Meggerle ölçü yapılırken 15 saniyede ve 60 saniyede okunan izolasyon direncinin R60: R15 oranı 1,3 veya daha büyük olmalıdır, denilmektedir (4000 kVA veya 20 kV'tan büyük trafolar da) Westinghouse'un «Distribution Apparatus Handbook» unda tavsiye edilen minimum izolasyon direnci de tablo 1 de gösterilmiştir.

TA BLO - 1

**TRANSFORMATÖR SARGILARI/IA/ MUHTELİF SICAKLIKLARDA
"MEGAOHMLARAK MİA/İMUM SM/V/YETLİ İZOLASYON DİRENCİ
(FAZ - TOPRAK)**

| Sargı Gerilimi | 20 C° | 30t | 40 C° | 50 C° | 60 C° |
|----------------------|-------|-----|-------|-------|-------|
| 66 kv ve yukarısı | 1200 | 600 | 300 | 150 | 75 |
| 22 ile 4-+kv arası | 1000 | 500 | 250 | 125 | 65 |
| 6.6 ile t s kv arası | 800 | 400 | 200 | 100 | 50 |
| 6.6 kv un aşağısı | 400 | 200 | 100 | 50 | 25 |

Kurutma boyunca her 4 ilâ 6 saatte bir transformatörün izolasyon güç faktörü veya izolasyon direnci ölçülür. Sıcaklık değişmesi alınan değerlere büyük ölçüde tesir ettiğinden ölçmelerin aynı sıcaklıkta yapılması farklı sıcaklıklarda yapılmış ise aynı sıcaklığa irca edilmesi lâzımdır.

Bilinen bir Ta sıcaklığında ölçülen izolasyon direnci Ra ise irca edilecek Tb sıcaklığındaki Rb direnci :

$$R_b = f \cdot R_a \text{ Megaohm.}$$

$$f = \frac{1}{10} A (T_b - T_a)$$

bulunur. Burada :

A = sıcaklık sabitesidir ve A sınıfı izolasyonlu, yağlı transformatörlerde A = 0,030 dur.

f = Sıcaklık düzeltme faktörüdür.

Grafik 3 te sıcaklığa tabi olarak sıcaklık düzeltme fak'örü gösterilmiştir.

izolasyon güç faktörü için sıcaklık düzeltme faktörü ise Grafik 4 te gösterilmiştir

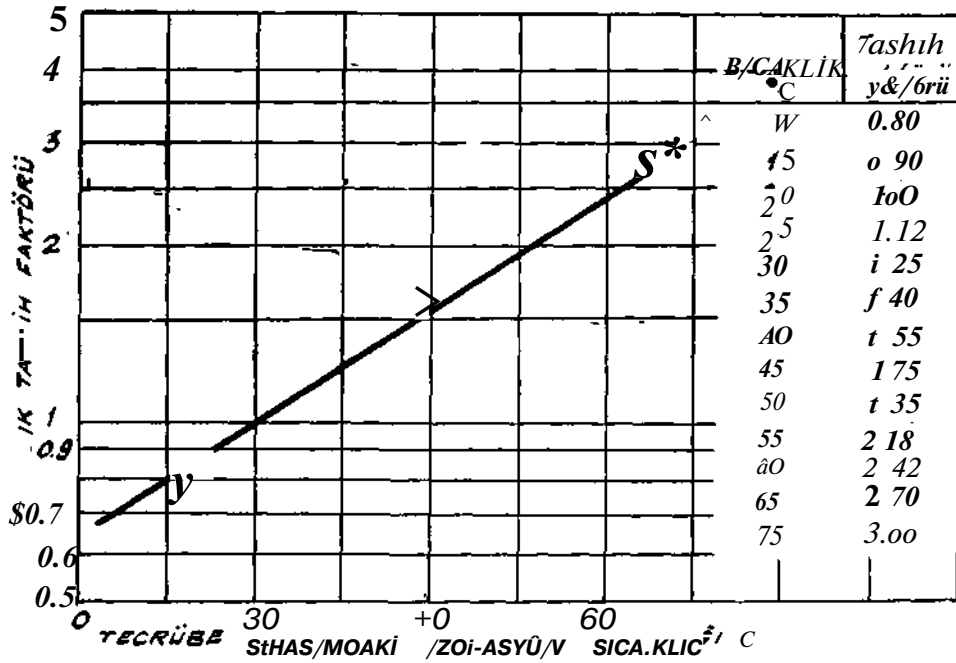
Transformatör kurululmaya başlandığı zaman sıcaklığın yükselmesi ile izolasyon direnci süratle düşer, izolasyon güç faktörü tecrübesi yapılırsa ise güç faktörü artar. Bilâhare kurutmaya devam edildikçe izolasyon direnci artmaya veya güç faktörü düşmeye başlar. Zamanla tabi olarak izolasyon direnci veya güç faktörü bir grafik üzerinde işaretlenecek olursa kurutmanın sonuna doğru eğri asimptota varır, izolasyon direncinde veya güç faktöründe artık değişiklik olmaz. Bu taktirde transformatör kurutulmuş demektir. 12 saat daha kurutmaya devam edilmelidir. Bilâhare transformatör 24 ilâ 48 saat dinlendirilmeli yağın dielektrik dayanım gerilimi kontrol edilmelidir. Normal ise kurutma bitmiştir. Normal değil

ise halâ sargılardan yağa rutubet geçiyor demektir ki kurutmaya devam edilmelidir. Kurutma işleminde en önemli hususlar aşağıda kısaca tekrarlanmıştır.

a. Yağ, sargı ve sevkedilen sıcak hava sıcaklıkları gayet iyi kontrol edilmeli, imalâtçı firmanın vermiş olduğu sıcaklık limitleri aşılamamalıdır.

b Vakum tatbik edilecek ise transformatör tankının buna dayanıp , dayanamayacağı kontrol edilmeli, icabederse tank takviye edilmelidir.

c. Hava ile kurutmadan sonra yağ doldurulurken mümkün olduğu kadar çabuk hareket



GRAFİK* A •

İZOLASYON GÜÇ FAKTÖRÜNÜN SICAKLIK TASHİH FAKTÖRÜ

edilmeli, tekrar rutubet almasına mani olunmalıdır.

d. Transformatörün kurutma işlemi bittikten ve yağı tamamen doldurulduktan sonra 24 ilâ 48 saat dinlendirilmeli ve tekrar transformatörün izolasyon direnci ile yağın dielektrik dayanım gerilimi kontrol edilmeli, ancak bu kontrolden sonra servise konulmalıdır.

REFERANSLAR :

1 — Hirfanlı Barajı ve Hidroelektrik' Santrali Transformatörleri işletme ve Bakım Talimatı

2 — ACEC Charleroi, shell type oil-immersed three-phase Transformatörlerin erection, drying, maintenance - 6206.

3 — Oy stromberg Ab. oil-cooled Power Transformatörlerin erection and maintenance instructions 34 K 133A5A.

4 — Standard Handbook for Electrical Engineers (A E. KNOWLTON)

5 — Power Operation and Maintenance Bulletin No 3. (U.S.B.R.)

6 — Distribution Apparatus Handbook (WESTINGHOUSE)