

# Kapalı Yerlerdeki Transformatörlerin Havalandırma Sureti ile Soğutulması

Bekir TEZCAN  
Müh.

## ÖZET :

*Şehir içi yüksek gerilim tevzi şebekelerinde veya yüksek gerilim ile beslenen fabrika tesislerinde; enerji, kullanma maksadına uygun olan başka bir gerilim veya akıma değiştirilir.*

*Bu diğıştir^ne genel olarak transformatörler ile yapıldığından ve değıştirme esnasında ısınmaya sebebiyet veren kayıplar (demir ve bakır kayıpları gibi) meydana geldiğinden transformatörlerin bulunduğu hücrelerin havalandırılması icabeder. Hücrenin bulunduğu mevki ve şartlara göre, bu ya tabii hava sirkülasyonu ile veya cebri olarak vantilatörler vasıtası ile yapılır. İyi bir havalandırma sistemi olmyan transformatörün ömrü tasa olabileceğı gibi, iyi havalandırılmış bir transformatörün de bu bakımdan ömrü usaltılmış olur.*

*Transformatörlerin havalandırma sureti ile soğutulması mevzuunda değışik hesap şekilleri bulunmakta olup neticeleri birbirinden az çok farklıdır; bununla beraber her hangi bir usulün kullanılmasında da bir mahsur yoktur.*

*Bu itibarla Broun - Boveri, A. E. G. ve Siemens - Schuckert firmalarının yardımcı el kitaplarında transformatör hücrelerinin tabii veya suni olarak havalandırılması için verilmiş olan hesaplama şekilleri bu yazıda verilmektedir*

Transformatör hücrelerinin Brown-Boveri'ye göre tabii havalandırılması-

VDE 0532 ye göre bir transformatör hücresinin sıcaklığı, transformatörün yarı yüksekliğinde 35° C geçmemelidir. Transformatör yağının azamî sıcaklığı 60°C.olarak tesbit edilmiştir. Buna göre de transformatör yağının azamî sıcaklığı 35+60=95° C dir.

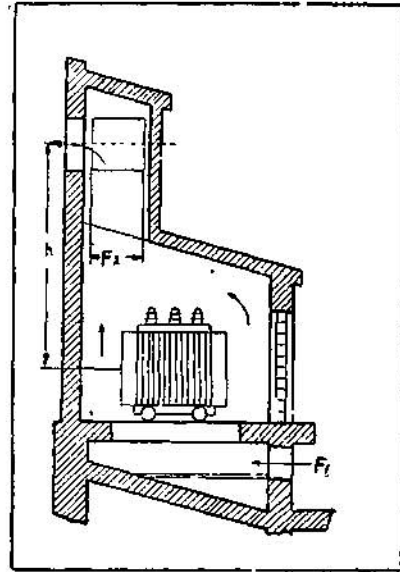
Transformatör hücresi içerisinde kayıplardan meydana gelen ısının harice atılması için, hücreye taze hava verilmesi lâzımdır. Tabii hava sirkülasyonu ile soğutmalı transformatör hücrelerinde, hava giriş-çıkış kanallarının lüzumlu havaya göre kâfi bir kesitte hesap edilmiş olması icap eder. Yeni transformatörlerle soğutma yüzeyi eski transformatörlere nisbeten küçük yapılmakta olduğundan hava ısınma artışı takriben 12°C olarak alınmaktadır. Bu sebeple de 1 KW kayıp ısı için takriben dakikada 4-5 M<sup>3</sup> taze havaya-ihtiyaç vardır. Bir transformatör hücresindeki hava sirkülasyonunun temini için giriş-çıkış ağzlarının boyutları, baca yüksekliği ve hava kanallarının direnci mühimdir. Hava kanallarının direnci genel olarak;

$$R = R_x + m^2 R_2$$

Formülü ile hesaplanır.

Burada

R<sub>j</sub> Giriş kanalındaki direnç ve taciliyet sayısı  
R<sub>a</sub> Çıkış kanalındaki direnç ve taciliyet sayısı  
m = F<sub>1</sub> Giriş kanal kesidi ile F<sub>2</sub> çıkış kanalı kesidi arasındaki nisbettir. (Şekil 1)



Şekil : 1

Aşağıdaki tabloda hesaplar için lüzumlu sabit emsaller verilmiştir:

1 — Taciliyet	1,0
2 — 90° lik köşe	1,5
3 — Yuvarlatılmış köşe	1,0
4 — 135° lik köşe	0,6
5 — Tel kafes	0,5-1
6 — Jaluzi (kepenk)	2,5-3,5
7 — Doğru (düz) kanal	0-0,6
Kesit artırma sayısı	0,25-0,9

0,25 Değeri taze hava giriş kanalı kesiti ile hücre kesitinin nisbeti 1/2 ve 0,9 Değeri ise bu nisbet 1/10 olursa alınacaktır.

Havalandırma nisbeti ise aşağıdaki formül ile hesap edilir:

$$Tü^8 \cdot H = 13,2 \frac{N_v^2}{F_1^2} (R_1 + m^2 R_2)$$

Yukarıdaki formüllere göre hesap edilerek hazırlanmış nomogram aşağıdaki Şekil 2 de-Verilmiştir.

Bir misal ile formül ve nomogram kullanılarak  $F_1$  giriş kanal kesiti hesap ye nomogramdan alınacaktır.  $F_2$  çıkış kanalı kesiti ise  $F_1$  giriş kanalına % 10 ilâve edilmesi suretiyle hesap edilecektir.

Misal: Bir transformatörün kayıp gücü  $N_v=10$  KW;  $Tü=12^\circ C$  ve baca yüksekliği  $H=6$  metre olduğuna göre giriş ve çıkış hava kanal kesitlerini hesap edelim. (Şekil 1)

Giriş hava kanalı için

Taciliyet için	~ 1,0
Tel kafes için	0,75
Kesit artırma sayısı	0,55
Düz boru için	-f 0,60
	<u>2,90</u> $R_1=2,9$

Çıkış hava kanalı için

Taciliyet	1,0
90° lik köşe	1,5
Jaluzi kesiti	+ 3,0
	<u>5,5</u> $R_2=5,5$

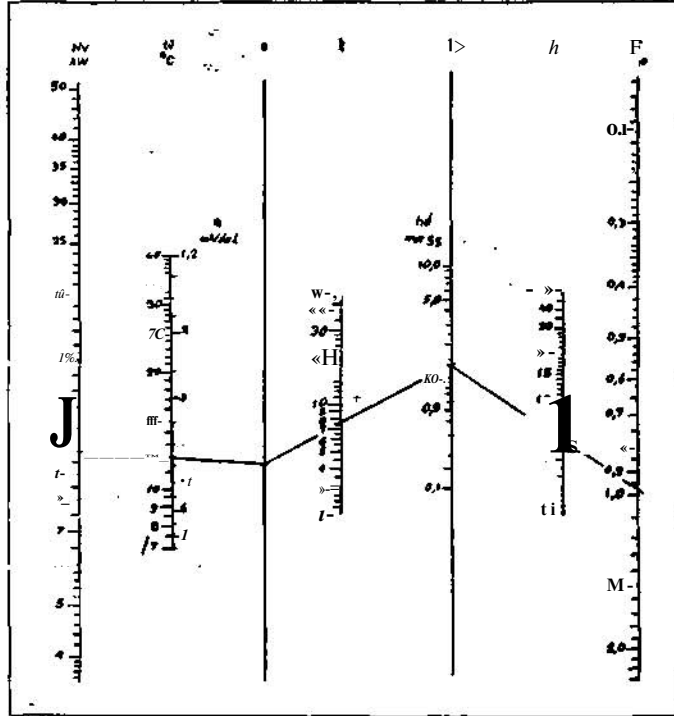
Çıkış kanal kesiti giriş kanal kesiti ne zara n % 10 fazla ve  $F_1 = 1$  alındığına göre :

$$m = \frac{F_2}{F_1} = \frac{1}{1,1} = 0,91 \text{ ve } m^2 = 0,83$$

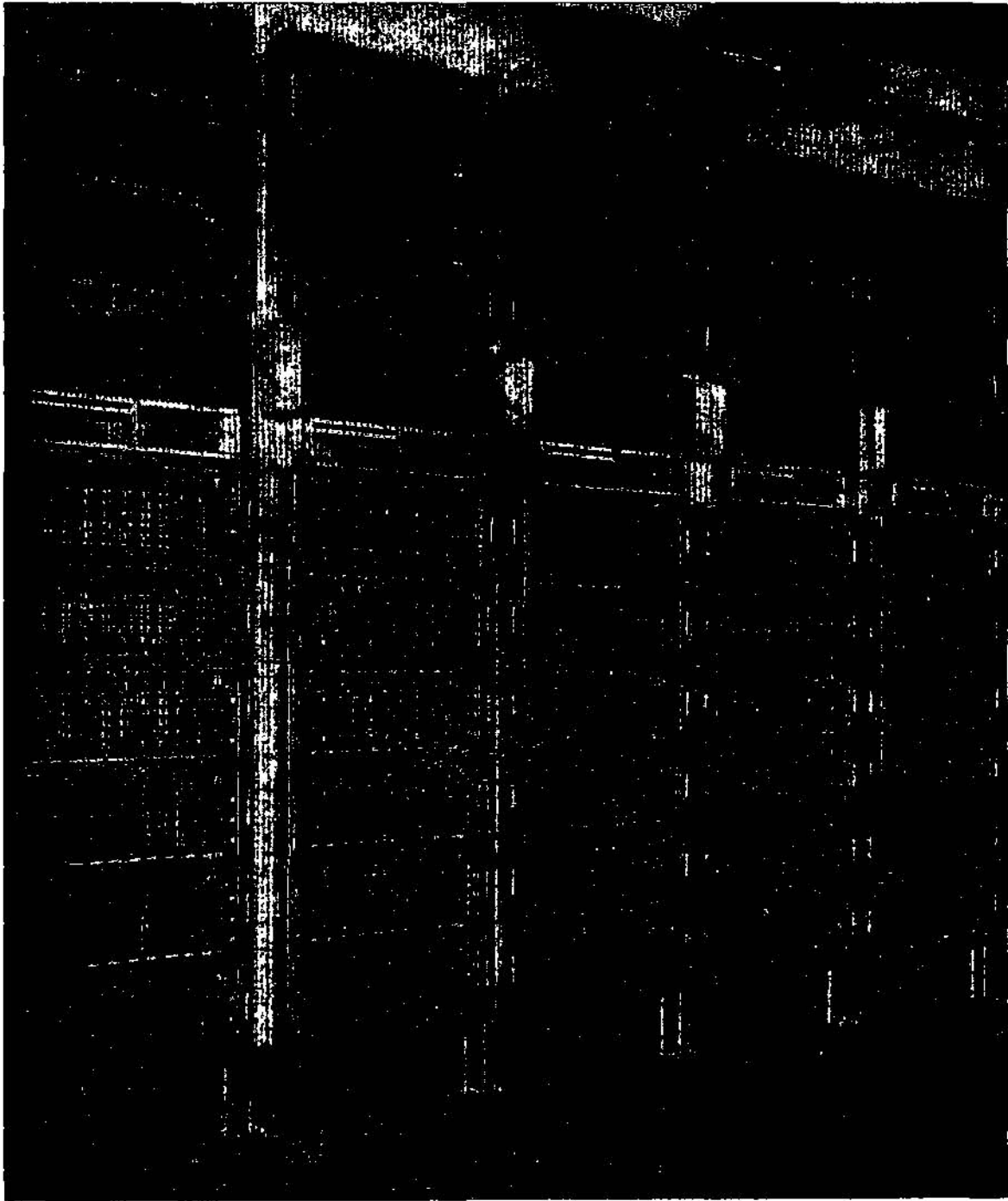
-  $R=2,9 + 0,83 \cdot 5,5 = 7,5$  bulunur.

Şekil 2 deki nomogramın kullanılışı: misal-deki  $N_v=10$  KW kayıp güç 1 nci doğru üzerinde bulunur?

Bir doğru ile  $Tü=12^\circ C$  noktasında (a) yardımcı doğrusuna kadar uzatılır.



Şekil : 2





Bu nokta, hesap edilmiş olan R = 7,5 noktası ile birleştirilerek (b) doğrusuna uzatılır ve hd = 0,9 mm su sütunu olarak kayıp hava tazyiki bulunur. H = 6 metre alınmış olduğundan hd = 0,9 noktası bir doğru ile birleştirilerek F doğrusu üzerindeki aranılan giriş kanal kesiti  $F_1 = 1 \text{ m}^2$  ve  $F_2 = 1,1$  olduğuna göre çıkış kanal kesiti  $F_2 = 1,1 \text{ m}^2$  bulunur.

#### Transformatör Hücre duvarları ile ısının dağıtılması

Hücre duvarları vasıtası ile kayıp sıcaklık W nin sadece küçük bir kısmını dağıtmak mümkündür.

$$W = F.k (t_i - t_a) \text{ KW/saat}$$

Isı taşıma sayısı k	
İç tuğla duvarları için	: 0,0018 KW/m <sup>2</sup> °C
Dış tuğla duvarları için	: 0,0022 » > »
Saç duvarlar (bölmeler)	: 0,005 > » »

Misal:

Hücre uzunluğu	: 2,8 metre
Hücre genişliği	: 2,8 »
Tavan yüksekliği	: 4,0 »

Bu yükseklikte bir metresi transformatör üzerinde kalanı serbest boşluktur. 4-3= 1 metre

Duvarlar vasıtasıyla sıcaklığın dağılması hücrenin yüzeylerini hesap etmek suretiyle bulunur.

2 Dış duvar	2.2,8.3 = 16 m <sup>2</sup>
1 İç duvar	1.2,8.3 = 8,4 m <sup>2</sup>
1 Tavan	1.2,8.2,8 = 7,84 m <sup>2</sup>

$t_i = 35^\circ\text{C}$  hücre içi sıcaklığı ve  $t_a = 12^\circ\text{C}$  ısı artışı ile ortalama sıcaklık,

$$t_m = t_i + \frac{t_u}{2} = 35 + \frac{12}{2} = 41^\circ\text{C}$$

Dış sıcaklık  $29^\circ\text{C}$  ve yan duvar arkasındaki sıcaklık  $30^\circ\text{C}$  kabul edildiğinde.

$$\frac{41 - 29}{2} = 12^\circ\text{C}$$

$$\frac{41 - 30}{2} = 11^\circ\text{C}$$

Dış duvarlardan	$W = 16,0,0022.12 = 0,45 \text{ KW}$
İç duvarlardan	$W = 8,4,0,0018.11 = 0,17 \text{ KW}$
Tavanlar	$W = 7,84,0,0022.12 = 0,21 \text{ KW}$

0,83 KW

hesaplanır.

Görülüyor ki bulunan bu değer toplam kayıpların % 10 unu dahi tutmamaktadır. Duvarlar vasıtası ile sıcaklık dağıtımı tahmini bir rakam olarak 20... 30 Watt/m<sup>2</sup> arasında alınabilir. Ancak bu değer 250 KVA lık transformatörlerden daha büyük güçtekiler için hesaba alınmayacak kadar küçük bir değerdir.

B.B.C. ye göre transformatör hücrelerinin sun'i olarak havalandırılması

Tabii havalandırmada, hava kanalları kesiti anormal büyük ölçülerde çıkar veya hava çıkış bacası çok yüksek olması icap ederse bu takdirde vantilatörler vasıtası ile sun'i havalandırma zarureti doğar.

Misal:

Bu defa 1 nci misaldeki değerleri yine aynen alalım yalnız transformatör gücünü 1250 KVA ve kayıpları da 20 KW kabul edelim,

Buna göre lüzumlu hava miktarı

$$Q = Nv.q = 20.4.3. = 86 \text{ MVdak.}$$

q değeri grafikten  $Nv = 20 \text{ KW}$  ve  $t_a = 12^\circ\text{C}$  için bulunan 4,3 MVdak. dır. Doğru a yardımcı doğrusuna kadar uzatılarak R = 7,5 noktasına 2 nci bir doğru çekilerek b noktası bulunur, buradan F] = 1 m<sup>2</sup> birleştirilerek H baca'yüksekliği 23 metre bulunur. Halbuki baca yüksekliğini ancak 6 metre olarak yapmak imkânı olduğundan 23-6 = 17 metre daha uzatılması mümkün değildir. O halde bu 17 metre bacanın çekmesi için yerine bir vantilatör konulması icap etmektedir. Bu sebeple H doğrusu üzerinde 17 noktası bulunarak t<sub>ü</sub> doğru üzerindeki  $12^\circ\text{C}$  noktası ile birleştirilerek vantilatör için lüzumlu hd=0,7 mm. su sütunu tazyik yüksekliği bulunur. Bundan başka vantilatör hava kanallarını liflemek suretiyle dinamik tazyike çevirmesi icap etmektedir.

Bu değer takriben 1-r3 mm. S.S. alınır. Buna göre vantilatörün gücü.

$$N = \frac{Q.P}{6100} = \frac{86,3,7}{6100.0,2} = 0,26 \text{ KW.}$$

Burada; Q = hava miktarı 86 MVdak.

P = Statik + Dinamik tazyik

$$0,7 + 3 = 3,7 \text{ mm, S.S.}$$

• q = vantilatörün verimi 0,2

iyi bir havalandırma ve sirkülasyon için transformatör hücre duvarları ile transformatör arasındaki mesafe 400 mm. den aşağı seçilmemelidir.

Kayıp Güç ve kısa devre gerilimleri

Elektrik Teçhizatı İmalâtı Tesisi Anonim Şirketinin (ETİTAŞ) Schneider Westinghouse ihtira beraatına göre memleketimizde imal edilen Hipersil saçlı «Logrokap» tipi tabaka sargılı transformatörlerin güç, boşa kayıplar, bakır kayıpları ve kısa devre gerilimleri tablosu verilmiştir.

Güç K V A	Kayıpları Boşta No Watt	Bakır Kayıpları (ayrıları McU Watt	Toplam Kayıp Nv=No +Ncu Watt	Kısa devre gerilimi %
40	200	1110	1300	4
63	290	1580	1870	4
80	345	1900	2245	4
100	400	2230	2630	4
125	480	2630	3110	4
160	475	3150	3625	4
200	725	3500	4225	4
250	860	4010	4870	4
315	1040	4900	5940	4
400	1260	5780	7040	4
500	1500	6900	8400	4
630	1800	8270	10070	4
800	2100	10200	12300	4,5
1000	2400	12500	14900	6

A.E.G. ye göre transformatör hücrelerinin tabii havalandırılması

Hücre içersinde yağ sirkülasyon soğutmalı transformatörlerin iyi bir havalandırma sistemine ihtiyacı vardır. (Şekil 1)

Beher zayı KW için dakikada 3,5-4 M<sup>3</sup> taze havaya ihtiyaç vardır. Muhtelif baca yüksekliği H ya göre hava giriş-çıkış ağız ve kanallarının kesitleri şekil 3 deki nomogramdan alınır.

Kanal ağız ve korkuluklarının iyi tertip edilmemesinden veya sıcak havanın hücre içerisinde cereyan etmesinden dolayı hücre sıcaklığı arzu edilmeyen tehlikeli bir şekilde artabilir. Bu sebeple dikkat edilmesi lazımdır. Tabii yağ sirkülasyonlu ve cebri (vantilatör) soğutmalı transformatörlerde genel olarak yekûn % 60 na kadar vantilatörler kullanılmaz, fakat bu yükten sonra vantilatörlerin servise alınmasına dikkat edilmelidir. Pompa ile tazyikli yağ veya su soğutmalı transformatörlerde su ve yağın sıcaklığı, sirkülasyonu ile su soğutmalılarda ayrıca tazyik kontrolü yapılmalıdır.

Transformatör giriş ve çıkış kanalı hesabı:

F<sub>1</sub> = Giriş kanal kesiti m<sup>2</sup>

F<sub>2</sub> = Çıkış kanal kesiti m<sup>2</sup>

H = Transformatörün merkezinden çıkış bacasına merkezine olan yükseklik m.

Nv = Kayıp güç KW.

Buna göre;

Çıkış baca kanal kesiti

$$F_2 = 0,188 \frac{Nv}{\sqrt{H}} \text{ m}^2$$

Giriş hava kanal kesiti

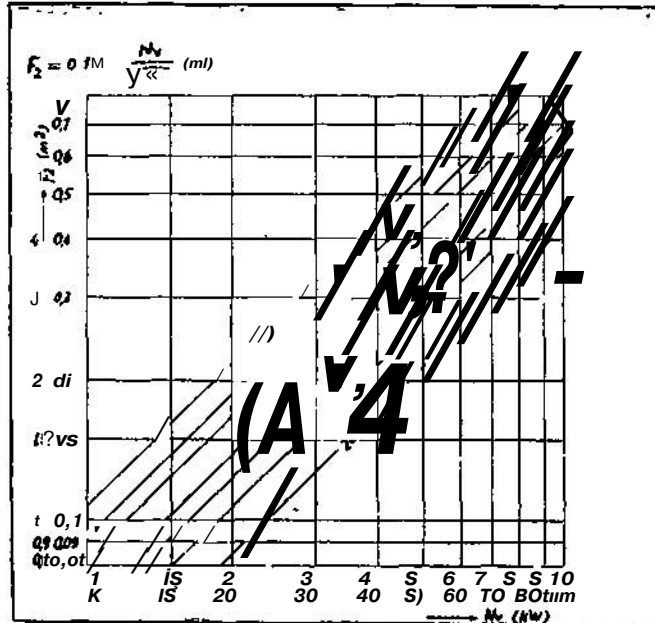
F<sub>1</sub> = 0,92. F<sub>2</sub> m<sup>2</sup> dir

Misal:

Nv = 10 KW.

H = 6 Metre

$$F_2 = 0,188 \frac{10}{\sqrt{6}} = 0,75 \text{ m}^2$$



Şekil . 3

$F_1 = 0,92 \cdot 0,75 = 0,69 \text{ M}^2$  olarak bulunur. Aynı misal ayrıca Şekil 3 teki nomogramdan kayıp güç  $N_v = 10 \text{ KW}$ . ve baca yüksekliği  $H = 6$  metre için  $F_2 = 0,75 \text{ M}^2$  bulunur ve aynen yukarıdaki gibi  $F_1$  hesap edilir.

Transformatör hücrelerinin Siemens-Schuckert'e göre tabii havalandırılması

Şekil 4 teki nomogram yardımı ile giriş ve çıkış kanalı hesabı •

- $N_v$  = Transformatörün kayıp gücü (KW)
- $H$  = Çıkış kanalı ağzı ile transformatör merkez yüksekliği (m)
- $t_i$  = Giriş hava sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $t_e$  = Çıkış hava sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $a$  — Hava ısınma sayısı 0,0037
- $F$  = Hava kanalı kesiti  $\text{M}^2$
- $Q$  = Atılacak sıcak hava miktarı mVdak.
- $t$ , Giriş hava sıcaklığı mahalli şartlara göre değişebilen bir değer olduğundan transformatörün, kurulacağı yerdeki iklim şartlarına göre kabul edilecektir.

Misal :

Aynen bundan evvelki misaldeki değerleri alalım.

$N_v = 10 \text{ KW}$ ,  $H = 6$  Metre

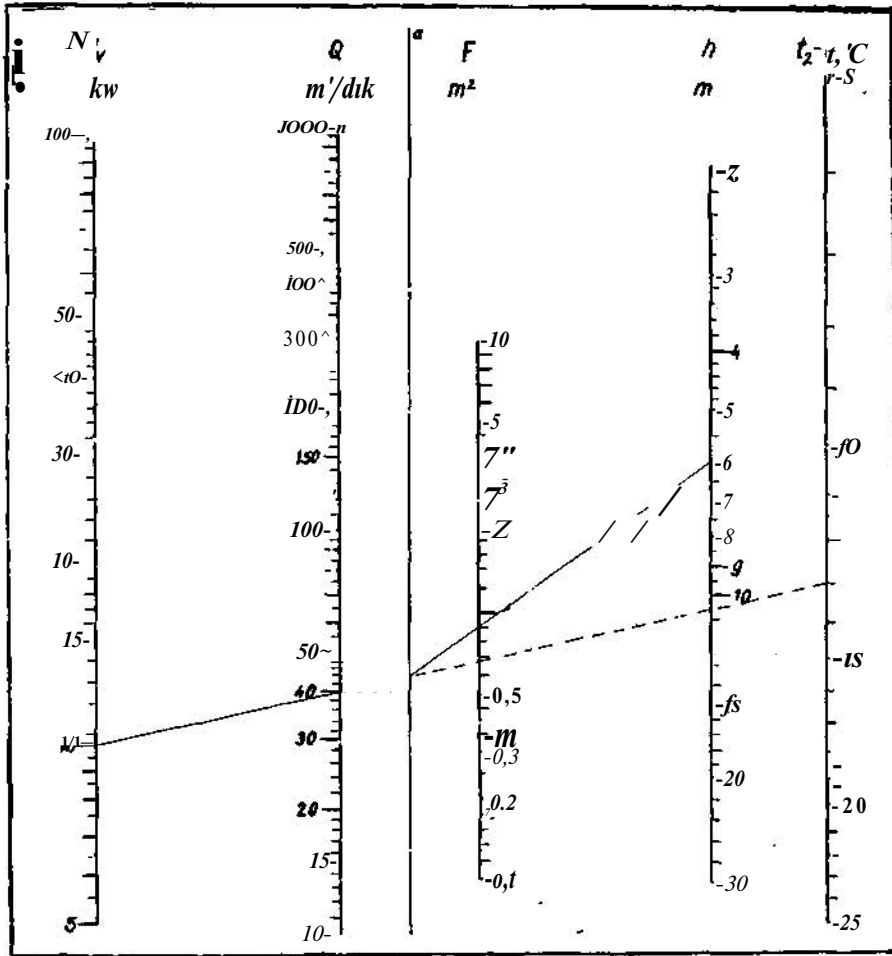
$t_2 = \text{Giriş hava sıcaklığı} + 22^{\circ}\text{C}$  kabul edildi.

Transformatör hücresi  $+ 35^{\circ}\text{C}$  tan fazla olması arzu edildiğinden.

$t_2 - t_1 = 35 - 22 = 13^{\circ}\text{C}$

Buna göre; nomogramda 10 KW kayıp güç ve  $t_2 - t_1 = 13^{\circ}\text{C}$  noktası bulunarak bir doğru ile birleştirilir doğru  $Q = 40 \text{ MV}$  dak. noktasında keser. Doğru  $a$  yardımcı dikeyini kestiği nokta ile  $H = 6 \text{ m}$  noktası ikinci bir doğru ile birleştirilerek  $F = 0,91 \text{ M}^2$  olarak hava kanalı kesiti bulunur.

Genel olarak giriş ve çıkış hava ağızlarına tel kafes, jaluzi, çerçeve gibi daraltıcı kısımlar da geleceğinden bulunan değerler daha bir miktar artırılması icap eder. Misalde giriş hava kanalına 15-20 mm. delikli tel kafes ile, çıkış kanalı için jaluzi geleceği nazarı itibara alınmıştır. Nomogram da bu esasa göre hazırlanmıştır. Çıkış kanalı ağzı da giriş kanalı ağzı gibi tel kafes yapıldığı takdirde bulunan kanalı kesiti % 10 daha küçültülmelidir.



Şekil : 4