

Alçak Gerilim Anahtarlama ve Kontrol Ünitelerine Uygulanacak Tip Deneyleri

1. Giriş

EN 60 439-1'e göre;

"Tip deneyleri Alçak Gerilim Anahtarlama ve Kontrol Üniteleri standardı 60439-1'de ön görülen koşulların yerine getirildiğinin doğrulanmasıdır.

Tip deneyleri bir ünite örneğine veya bu ünitenin aynı veya benzer yapıda üretilen ünitelerin birimlerine uygulanır.

Tip deneyleri üretici tarafından yapılır veya yaptırılır."

Tip deneyleri ürünün en az standartlarda ön görülen koşulların yerine getirildiğini, tasarımın can ve mal güvenliği ile çevreye ve bağlı olduğu veya etkili olduğu tesis bölümlerine uygun çalıştığını doğrulama amacını güder.

2 Tip Deneyleri

Alçak Gerilim Anahtarlama ve Kontrol Üniteleri'ne aşağıdaki tip deneyleri uygulanmaktadır (EN 60439-1, Madde 8.1.1):

- Sıcaklık artış sınırının doğrulanması
- Yalıtım dayanımının doğrulanması
- Kısa devre dayanımının doğrulanması
- Koruma iletken devresinin etkinliğinin doğrulanması
- Yalıtma hava aralıklarının ve yüzeysel kaçak akım yolu uzunluklarının doğrulanması
- Mekanik işlevin doğrulanması
- IP- Koruma derecesinin doğrulanması

Alçak Gerilim Anahtarlama ve Kontrol Üniteleri kullanıldığı işletme koşullarına göre çok değişik yapıda olmalarından dolayı, az sayıda belli dağıtım panolarının dışında çok sayıda değişik tiplerde üretilmesi gerekmektedir. Binlerce değişik tiplerde olan Alçak Gerilim Anahtarlama ve Kontrol Üniteleri'nin hepsine tip deneyi uygulanması hem zaman ve hem de ekonomik bakımdan mümkün değildir.

Bu nedenle bu hususu dikkate alan ilgili IEC Komitesi, Alçak Gerilim Anahtarlama ve Kontrol Üniteleri için geçerli olan IEC 60 439-1 (EN 60 439-1) standardında

- Tip Deneyi Yapılmış Alçak Gerilim Anahtarlama ve Kontrol Üniteleri (TTA) (Type-tested LV switchgear and controlgear assembly (TTA)) (EN 60439-1, Madde 2.1.1.1)

ve

- Kısmi Tip Deneyi Yapılmış Alçak Gerilim Anahtarlama ve Kontrol Üniteleri (PTTA) (Partially type- tested LV switchgear and controlgear assembly (PTTA)) (EN 60 439-1, Madde 2.1.1.2)

olarak düzenlemiştir.

Tip deneyi yapılmış (TTA) ve kısmi tip deneyi yapılmış (PTTA) Alçak Gerilim Anahtarlama ve Kontrol Üniteleri'nin deneylerine ilişkin karşılaştırmalar aşağıdaki çizelgede verilmiştir (EN 60439-1, Çizelge 7).

Sıra No:	Uygulanan Deney	Madde	Tip Deneyli	Kısmi Tip Deneyli
1	Sıcaklık Artış Sınırı	8.2.1	Sıcaklık artış sınırının deney uygulanarak doğrulanması (Tip deneyi)	Sıcaklık artış sınırının deney uygulanarak veya TTA'ya ekstrapolasyon yöntemi ile doğrulanması
2	Yalıtım dayanımı (Dielektrik özellikler)	8.2.2	Yalıtım dayanımının deneyle doğrulanması (Tip deneyi)	Yalıtım dayanımının Madde 8.2.2'ye veya Madde 8.32'ye göre deneyle doğrulanması veya Madde 8.3.4'e göre yalıtım direncinin ölçülerek doğrulanması (Bak. Sıra No:11)
3	Kısa devre dayanımının doğrulanması	8.2.3	Kısa devre dayanımının deneyle doğrulanması (Tip deneyi)	Kısa devre dayanımının deneyle veya benzer tip deneyi yapılmış düzenlemelerden ekstrapolasyon yöntemi ile doğrulanması.
4	Koruma iletken devresinin etkinliğinin doğrulanması	8.2.4	Ünite gövdesi ile koruma iletkeni arasındaki etkin bağlantının gözle veya direnç ölçümü ile doğrulanması	Ünite gövdesi ile koruma iletkeni arasındaki etkin bağlantının gözle veya direnç ölçümü ile doğrulanması
	Ünite gövdesi ile koruma iletkeni arasındaki etkin bağlantı	8.2.4.1		
	Koruma iletkeninin kısa devre dayanım deneyi	8.2.4.2	Koruma iletkeninin kısa devre dayanımının deneyle kanıtlanması (Tip deneyi)	Koruma iletkeninin kısa devre dayanımının deneyle veya uygun tasarım ve düzenlenmesi ile doğrulanması (Bak. Madde 7.4.3.1.1, Son paragraf)
5	Yalıtım hava aralıkları ve yüzeysel kaçak akım yolu uzunlukları	8.2.5	Yalıtım hava aralıkları ve yüzeysel kaçak akım yolu uzunluğunun doğrulanması (Tip deneyi)	Yalıtım hava aralıkları ve yüzeysel kaçak akım yolu uzunluğunun doğrulanması
6	Mekanik işlev (çalışma)	8.2.6	Mekanik işlevin doğrulanması (Tip deneyi)	Mekanik işlevin doğrulanması
7	IP Koruma derecesi	8.2.7	IP Koruma derecesinin doğrulanması (Tip deneyi)	IP Koruma derecesinin doğrulanması

Çizelge 1 : TTA ile PTTA'nın deney ve doğrulama karşılaştırması

Not: Yalnız adı geçen çizelgeden tip deneyleri alınmıştır

Burada önce Tip Deneylerini ele alacak daha sonra da Kısmi Tip Deneyli PTTA'lara ayrıntılı olarak açıklamaya çalışılacaktır.

a) Sıcaklık artış sınırının doğrulanması

Sıcaklık artış deneyleri, Ünitenin değişik bölüm ve parçalarının Standardın 7.3. Maddesinde verilen sıcaklık artış sınırı değerlerinin aşılmadığının kanıtlanmasıdır.

Burada bu deney için standardın ilgili maddesindeki önemli noktalar ile standartlarda açık olarak belirtilmemiş ancak deney için önemli bazı önlemler açıklanacaktır.

Genel olarak deney monte edilmiş cihazlar beyan akımı ile yüklenerek uygulanır. Ancak bazı durumlarda cihazların üzerinden beyan akımı geçirilemiyorsa, bu durumda cihazların ve bunlara bağlı üzerinden akım geçmesi gereken yardımcı donanımların kayıp güçleri eş değer dirençler yardımı ile yapılır. Ancak burada aynı kayıp gücü veren ampullerin kullanılması deney objesi bakımından sakıncalıdır.

Üniteye sıcaklık artış deneyi işletme koşulları yerine getirilerek yapılmalı, bunun için de tüm kapak ve kapılar kapatılmalı, eğer deney örneğinin yanına işletme koşullarında başka üniteler gelecekse veya gelme olasılığı varsa ünitenin bu yan yüzeyine ısı yalıtım amacıyla strafor öngörülmelidir.

Üç fazlı ünitelerin deneyleri esas olarak üç fazlı olarak yapılır. Ancak bazı laboratuvar şartlarında üç fazlı akım kaynağı ve manyetik alan etkisi ihmal edilebilecek kadar az ise 400 A'e kadar beyan akımlarında deney iki fazlı olarak da yapılabilir.

Deney odasında esas olarak hava sirkülasyonu olmamalı, bu tamamen önlenemiyorsa hava akımı en fazla 0,5 m/s olmalıdır.

Deney odasının ortam sıcaklığı en fazla 40oC ve en düşük 10oC olabilir. Bunun dışındaki ortam sıcaklıkları için bu EN 60 439-1 geçerli değildir.

Giriş ve çıkış akımlarında eş zamanlılık katsayısı uygulanır.

Daha ayrıntılı bilgi için Bak. En 60 439-1, Madde 8.2.1

b) Yalıtım Dayanımının Doğrulanması

Ünitenin içindeki cihazlar kendi standartlarına göre tip deneyinden geçmişse bu deney bu tür cihazlara uygulanmaz.

Eğer üniteye EN 60 439-1, Madde 7.4.3.2.2.'ye göre yalıtılmış bir koruma iletkeni öngörülmüşse, bu durumda bu koruma iletkenine de ana devreye uygulanan deney gerilimi uygulanmalıdır.

Deneyler üretici tarafından beyan edilmişse darbe gerilim deneyi uygulanarak ve diğer hallerde şebeke frekanslı deney gerilimi ile yapılır ve 1 dakika süre ile uygulanır. Önce gerilimin %50'si uygulanır ve daha sonra gerilim yavaş bir artış ile deney gerilimi düzeyine çıkarılır ve bir dakika süre ile uygulanır.

Eğer herhangi bir atlama ve delinme olmamışsa deney başarılıdır.

Yüzeysel kaçak yolunun doğrulanması ise, aktif bölümler ile topraklanmış bölüm arasındaki en küçük mesafe ölçülerek yapılır ve kirlenme derecelerine göre değerlendirilir.

Daha ayrıntılı bilgi için Bak. En 60 439-1, Madde 8.2

c) Kısa Devre Dayanımının Doğrulanması

Kısa Devre Dayanımının Doğrulanması deneylerin en önemlilerinden biridir.

Aşağıdaki durumlarda kısa devre dayanımının doğrulama deneyi istenmez.

- Beyan Kısa Devre akımları 10 kA'ı aşmayan üniteler (EN 60 439-1, Madde 8.2.3.1.1)
- Girişinde üzerinden en fazla 17 kA akım geçmesine izin akım veren akım sınırlayıcı koruma cihazlar bulunan üniteler.
- Beyan sekonder gerilimi 110 V'dan az olmayan ve beyan gücü 10 kVA'yı geçmeyen veya beyan desonder gerilimi 110 V'dan az olup beyan gücü 1,6 kVA'yı geçmeyen ve kısa devre empedansları en az % 4 olan transformatörlere bağlanan yardımcı akım devrelerin
- Daha önce üniteye montaj koşullarında kısa devre deneyinden geçmiş tüm birimler (Ana baralar, ana bara tutucuları, ana bara çıkışları, beslemeler ve çıkışlar, şalt cihazları v.s.)

Bu konuya PTTA'da daha ayrıntılı olarak değinilecektir.

d) Koruma iletken devresinin etkinliğinin doğrulanması

Ünite mahfazasındaki değişik gövdelerinin koruma devresi ile tam ve kusursuz bağlantısının doğrulanması.

Şüpheli durumlarda koruma iletkeni ile ilgili gövde arasındaki bağlantı direncinin yeteri kadar düşük olduğu ölçüm yolu ile doğrulanır.

Yeteri kadar düşük direnç:

Yeteri kadar düşük direncin anlamı, koruma iletkeni bağlantısından itibaren yaklaşık 1,5 m mesafede topraklama direncinin, üzerindeki kısa devre sırasında gerilim düşümünün insan gövdesinden tehlikeli akılar geçirmeyecek kadar küçük olması. Bu gerilim yaklaşık 55 V.

Koruma iletkeninin kısa devre dayanım deneyi:

Koruma iletken devresi ile buna an yakın faz iletkeni arasına uygulanacak kısa devre deneyi.

Daha ayrıntılı bilgi için Bak. En 60 439-1, Madde 8.4

e) Yalıtma Hava Aralıklarının Ve Yüzeysel Kaçak Akım Yolu Uzunluklarının Doğrulanması

Kaçak akım yolları ve hava yalıtım aralıkları ölçüm yolu ile doğrulanır. Kısa devre sırasında ünite mahfazasındaki yalıtkan parçaların olası değişiklikleri dikkate alınır.

f) Mekanik İşlevin Doğrulanması

EN 60 439-1, Madde 8.2.6 u'ya göre

g) IP- Koruma derecesinin doğrulanması

En 60 439-1, Madde 8.2.7 uygulanır.

3. Kısmi Tip Deneyli Alçak Gerilim Anahtarlama ve Kontrol Üniteleri Uygulaması

Burada Kısmi Tip Deneyli Ünitelerin kısa devre dayanımları ile sıcaklık artış sınırları ele alınacaktır.

3.1 Kısmen Tip Deneyli Alçak Gerilim Anahtarlama ve Kontrol Ünitelerinin (PTTA) Kısa Devre Dayanım Hesap Uygulaması

Bu yöntem yalnız ana bara ve diğer donanımlarının montaj ve yerleştirilmesi tasarlanıp teknik resim ve parça listeleri kaydedilmiş ve kısa devre dayanımları deney raporları ile doğrulanmış Ünitelere uygulanır.

Aşağıdaki durumlarda kısa devre dayanımının uygulanmasına gerek yoktur:

- Beyan Kısa Devre akımları 10 kA'ı aşmayan üniteler (EN 60 439-1, Madde 8.2.3.1.1)
- Girişinde üzerinden en fazla 17 kA akım geçmesine izin akım veren akım sınırlayıcı koruma cihazlar bulunan üniteler.
- Beyan sekonder gerilimi 110 V'dan az olmayan ve beyan gücü 10 kVA'yı geçmeyen veya beyan desonder gerilimi 110 V'dan az olup beyan gücü 1,6 kVA'yı geçmeyen ve kısa devre empedansları en az % 4 olan transformatörlere bağlanan yardımcı akım devrelerin
- Daha önce üniteye montaj koşullarında kısa devre deneyinden geçmiş tüm birimler (Ana baralar, ana bara tutucuları, ana bara çıkışları, beslemeler ve çıkışlar, şalt cihazları v.s.)

Not: IEC 60 947-3'e uygun olan beyan şartlandırılmış kısa devre akımlı düzenler veya IEC 60 947-4-1'e uygun olan kısa devre kısa devre koruma düzenleriyle koordineli motor yol vericileri şalt cihazları örnekleridir.

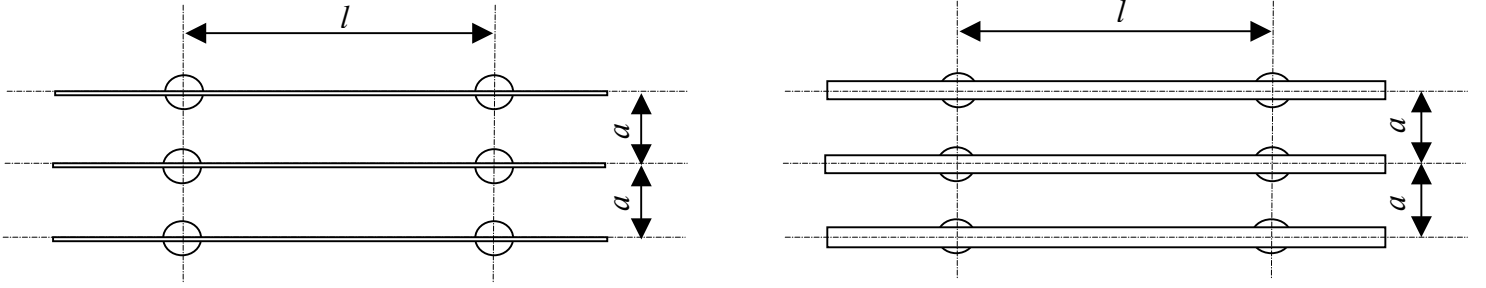
Bu standart aşağıdaki koşullar yerine getirilmek kaydıyla uygulanabilir:

Genel

Ana bara mesafeleri, ana bara malzemesi, ana bara kesiti, ana bara yerleşimi gibi etken değerlerin değişikliklerinin IEC 60 865'e göre hesaplanması için aşağıdaki koşullar geçerlidir:

- Kısa devre akımı yalnız deneyde uygulanan daha düşük değerlerde olmalıdır.
- Termik kısa devre akım dayanımı IEC 60 865'e göre hesaplanmalıdır.
- TTA'da kullanılan mesnet malzemeleri ve yapıları değiştirilemez. Başka mesnetler ancak daha önce istenen mekanik dayanımları tip deneyleri doğrulanmışsa kullanılabilir.
- Ana bara yapısı ve cihaz bağlantıları daha önce tip deneyinden geçmiş olmalıdır.
- IEC 60 865 yalnız doğrusal baralar için geçerlidir. Ancak köşe dönüşleri köşelere mesnet ön görülme koşulu ile arka arkaya seri olarak bağlanmış iki doğrusal bara gibi düşünülebilir.

3.1.1 İletkenin Mekanik Dayanımının Hesaplanması



Resim 1: Üç fazlı sistem ana bara örneği
Üzerinden akım geçen iletkenler akımın aynı yönde olması durumunda bir bilerini çekerler ve zıt yönde olması durumunda ise birbirlerini iterler. Bu itme ve çekme kuvvetleri

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} i_1 i_2 \frac{l}{a} \quad (1)$$

denklemini ile hesaplanır.

Burada formül işaretlerinin anlamları:

- i_1, i_2 iletkenlerden geçen anlık akım
- l Bir iletken doğrultusundaki mesnet aralıkları
- a Paralel iletkenler arası mesafe

Bu kuvvet üç fazlı sistemlerdeki üç faz kısa devrelerinde ise;

$$F_{m3} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{\sqrt{3}}{2} i_{p3}^2 \frac{l}{a_m} \quad (2)$$

Burada formül işaretlerinin anlamları:

- i_{p3} Simetrik üç fazlı kısa devrede kısa devre darbe akımı
- l Bir iletken doğrultusundaki menseler arası en büyük mesafe
- a_m Ana iletkenler arası etkili mesafe

Not: Yuvarlak kesitli iletkenler ile ana bara üçgen oluşturacak biçimde düzeblenebilir. Bu durumda iletkenler arası a_m mesafesi üçgenin kenar uzunluğudur.

Üç fazlı sistemlerde oluşan iki fazlı kısa devrelerde ise:

$$F_{m2} = \frac{\mu_0}{2\pi} i_{p2}^2 \frac{l}{a_m} \quad (3)$$

veya sayısal denklem olarak

$$F_{m2} = 0,2 \cdot i_{p2}^2 \frac{l}{a_m} \quad (4)$$

Burada formül işaretlerinin anlamları:

- F_{m2} İki faz kısa devresinde oluşan elektromanyetik kuvvet N olarak
 i_{p2} Üç fazlı sistemlerde toprak temassız iki fazlı kısa devre akımı kA olarak
 l Bir iletken doğrultusundaki menseler arası en büyük mesafe m olarak
 a_m Ana iletkenler arası etkili mesafe m olarak

Yukarıdaki denklemlerde görülmektedir ki, iki fazlı kısa devrede meydana gelen elektromanyetik kuvvet üç fazlı kısa devreye oranla daha büyük. Bu nedenle hesaplarda en olumsuz koşul olan iki fazlı kısa devreyi ele almak gerekir.

İletken malzemesinin masif olduğu kabul edilirse iletken malzemesinde meydana gelecek mekanik gerilim

$$\sigma_m = V_\sigma V_r \beta \frac{F_m l}{8Z} \quad (5)$$

Burada formül işaretlerinin anlamları:

- σ_m İletkenler arası kısa devre sırasındaki kuvvetin oluşturduğu bükülme gerilimi
 V_σ Dinamik zorlanmanın statik zorlanmaya oranı bu uygulamada 1 alınacak IEC Report 1117
 β Ana bara iletkenini zorlanma katsayısı bu uygulamada 1 alınacak IEC Report 1117
 Z Direnç momenti

İzin verilen iletken mekanik gerilimi;

Eğer

$$\sigma_m \leq qR_{p0,2} \quad (6)$$

ise iletken kısa devreye dayanacak anlamındadır.

Burada

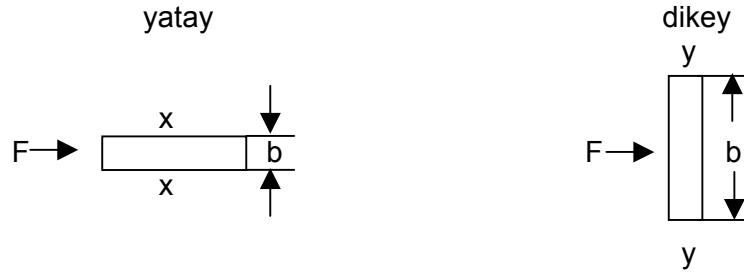
- $R_{p0,2}$ Malzemenin uzama sınırı (Bak. Çizelge 1)
 q Katsayı EN 60 865-1 Çizelge 4'den alınacak. Bu uygulama için 1,5 alınacak

Önemli Not: Hesaplarda üç fazlı tekrar kapamalı sistemlerde titreşimlerin ve bundan dolayı ortaya çıkabilecek rezonansların dikkate alınması gerekir. Ancak alçak gerilim panolarında bu tür olayların çok ender rastlanması ve dolayısıyla hesapları kolay anlaşılabilir olması için hesaplar en basit biçimiyle ele alınmıştır.

Malzeme kısa tanımı	Çekme dayanımı R_m N/mm ²	Elastikiyet modülü E N/mm ²	Uzama sınırı		Brinel sertliği HB 10 N/mm ²	Geçirgenlik κ 20 °C'de m/Ωmm ²
			$R_{p0,2}$ en az n/mm ²	$R_{p0,2}$ en çok n/mm ²		
Bakır						
E-Cu F 20	200	$11 \cdot 10^4$		120	450...700	57
E-Cu F 25	250	$11 \cdot 10^4$	200	290	700...950	56
E-Cu F 30	300	$11 \cdot 10^4$	250	360	800...105	56
E-Cu F 37	370	$11 \cdot 10^4$	330	400	950...1150	55
Alüminyum						
E-Al F 6,5/7	65/70	$6,5 \cdot 10^4$	25	80	200...300	35,4
E-Al F 8	80	$6,5 \cdot 10^4$	50	100	220...320	35,2
E-Al F 10	100	$6,5 \cdot 10^4$	70	120	280...380	34,8
E-Al F 13	130	$6,5 \cdot 10^4$	90	160	320...420	34,5
Al F 10	100	$\approx 6,5 \cdot 10^4$	70		280...300	34
Alüminyum alaşımları						
E-Al Mg Si 0,5 F17	170	$7 \cdot 10^4$	120	180	450...650	32
E-Al Mg Si 0,5 F 22	220	$7 \cdot 10^4$	160	240	650...900	30
Bakır kılıflı Alüminyum Cu Oranı %15	130	$8 \cdot 10^4$	100	130	-	42,3

Çizelge 1: İletken malzemelerinin mekanik özellikleri (Kaynak: ABB Taschenbuch Schaltanlagen 9. Baskı)

Yerleşim



Bara ölçüleri mm	Z_x Cm ³	J_x Cm ⁴	Z_y Cm ³	J_x Cm ⁴
12 x 2	0,048	0,0288	0,008	0,0008
15 x 2	0,075	0,0562	0,010	0,008
15 x 3	0,112	0,084	0,022	0,003
20 x 2	0,133	0,133	0,0133	0,00133
20 x 3	0,200	0,200	0,030	0,0045
20 x 5	0,300	0,333	0,083	0,0208
25 x 3	0,312	0,390	0,037	0,005
25 x 5	0,521	0,651	0,104	0,0026
30 x 3	0,450	0,675	0,045	0,007
30 x 5	0,750	1,125	0,125	0,031
40 x 3	0,800	1,600	0,060	0,009
40 x 5	1,333	2,666	0,166	0,042
40 x 10	2,666	5,333	0,666	0,333
50 x 5	2,080	5,200	0,208	0,052
50 x 10	4,160	10,400	0,833	0,416
60 x 5	3,000	9,000	0,250	0,063

60 x 10	6,000	18,000	1,000	0,500
80 x 5	10,660	21,330	0,333	0,0833
80 x 10	8,333	42,600	1,333	0,666
100 x 5	10,660	41,660	0,4166	0,104
100 x 10	16,660	83,300	1,666	0,833
120 x 10	24,000	144,000	2,000	1,000
160 x 10	42,600	341,300	2,666	1,333
200 x 10	66,600	666,000	3,333	1,660

Çizelge 2: Lamaların atalet ve direnç momentleri

Not. Bu bilgiler Asea Brown Boveri'nin Taschenbuch 6. Baskısından alınmıştır. Gerçek hesaplarda ilgili DIN Normlarından yararlanılması önerilir.

3.1.2 İletkenin Termik Dayanımının Hesaplanması

Kısa devre sırasında iletkenlerde kısa devre akımının etkileri lineer olmayan özelliktedir ve başka etkiler de söz konusudur. Bu etkiler hesabı mümkün kılmak için ya ihmal edilebilir veya yaklaşık değerler alınır.

Bunun için aşağıdaki koşullar geçerlidir:

- Skin efekt (bir iletkenin kendisi üzerindeki manyetik etkisi) ihmal edilir
- Direnç ile sıcaklık arasındaki bağıntı lineer olarak kabul edilir.
- İletkenin öz sıcaklığı sabit olarak kabul edilir.
- Sıcaklık artışı adiyabatik olarak kabul edilir.

Yukarıdaki koşullarda bile sıcaklık artışının hesaplanması oldukça karışık hesap yöntemlerini gerektirir. Bu nedenle IEC 60 865'de termik dayanım hesabını kolaylaştırmak için eğriler verilmiştir. Hesaplan bu eğrilerden alına değerlerle yapılır. Ancak bilimsel olarak çalışmak isteyenleri için bu denklemlerden de yararlanılabilir. Biz burada hesaplarımızı bu eğrilerden yararlanarak ele alacağız.

Bir iletkenin kısa devre hesabı basit olarak aşağıdaki formülle hesaplanır:

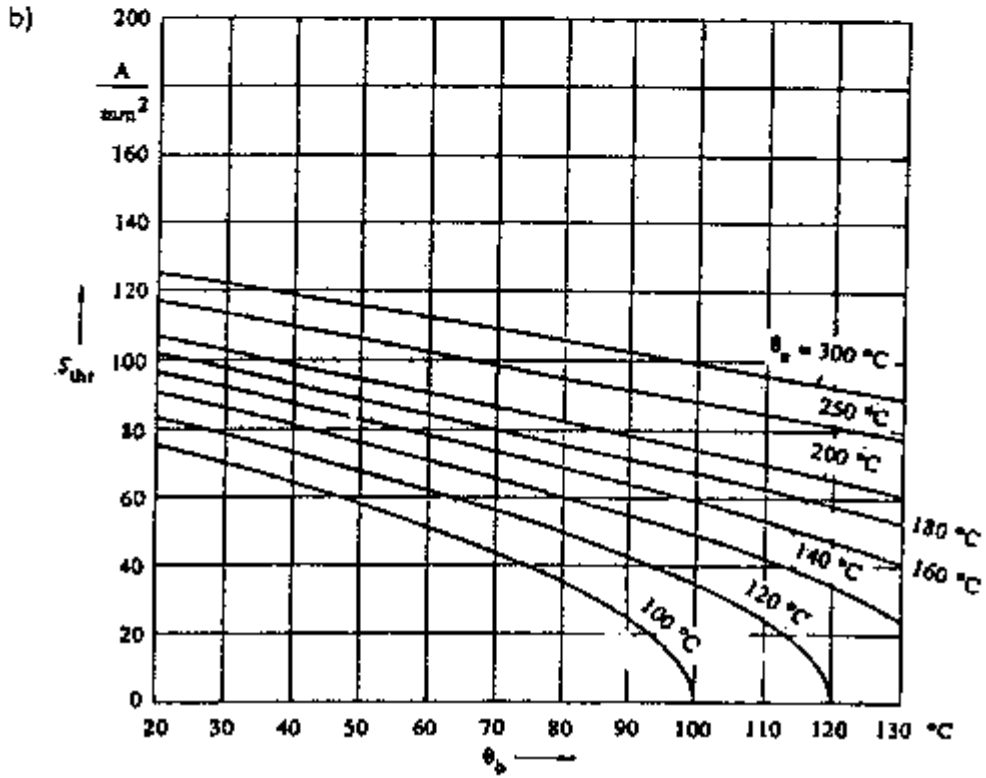
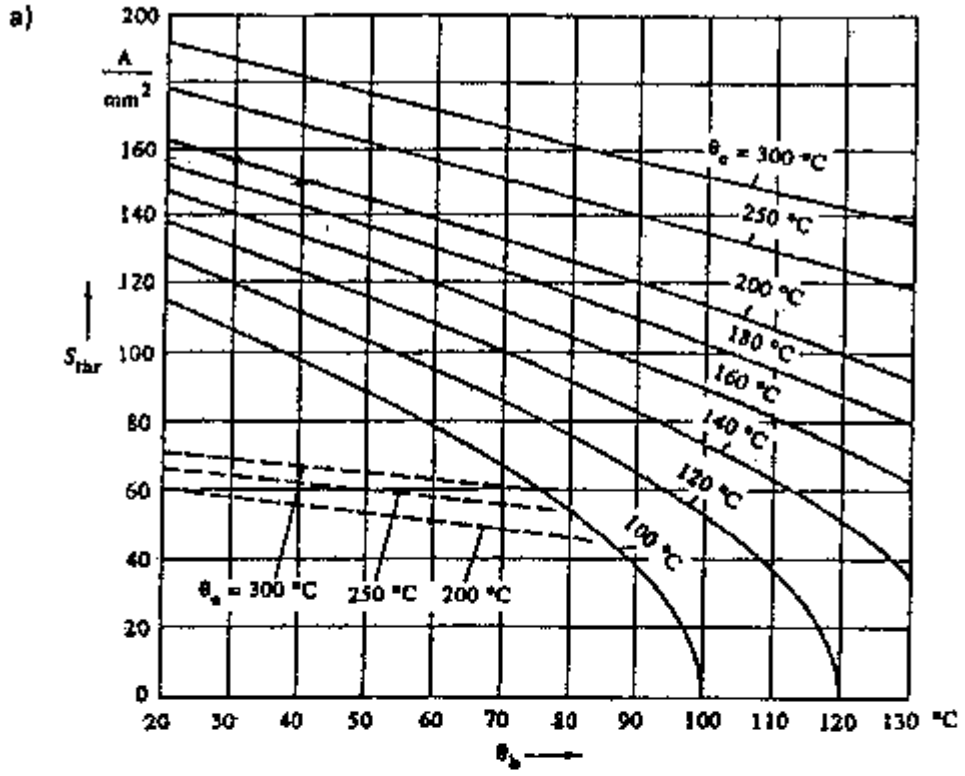
$$I_{thr} = S_{thr} A \quad (7)$$

Buradaki formül işaretlerinin anlamı:

- I_{thr} Beyan kısa süre akımı efektif değeri 1s
 S_{thr} Beyan Kısa süre akım yoğunluğu 1s
 A İletken kesiti mm olarak

İletken türü	Kısa devre sırasında önerilen İletken sıcaklığı
Çıplak iletken, masif veya bükülgen Cu, Al veya Al Mg Si	200 °C
Çıplak iletken, masif veya bükülgen St	300 °C

Çizelge 3: Kısa devre sırasında mekanik yük altında bulunan bir iletkenin önerilen sıcaklık sınırları (IEC 60865, Çizelge 6)



Resim 2 : Beyan kısa süre akım yoğunluğunun iletken sıcaklığı ile bağıntısı.

Hesap Örnekleri:

Kısa devre deneyi uygulanmış bir ünitenin;

Uygulanan kısa devre akımı	: 50 kA
Kısa devre uygulanan ana bara	: 50x10, E-Cu F30
PTTA'da kullanılacak ana bara	: 50x10 E-Al F 10
Aynı fazdaki mesnet aralıkları en fazla	: 80 cm
Fazlar arası mesafe	: 150 mm
PTTA'nın kısa devre akımı	: 40 kA

Kısa devre anında meydana gelen elektromanyetik kuvvet (4) numaralı denkleme göre:

$$F_{m2} = 0,2 \cdot i_{p2}^2 \frac{l}{a_m} \quad (4)$$

$$F_{m2} = 0,2 \cdot 40^2 \frac{0,8}{0,15} = 1706,66 N \approx 1700 N$$

İletkente kısa devre sırasında oluşan maksimum mekanik gerilim (5) numaralı denkleme göre

$$\sigma_m = V_\sigma V_r \beta \frac{F_m l}{8Z} \quad (5)$$

İletkenler, geniş kenarları paralel olacak biçimde yerleştirilmiş, yani yüklenme y eksenine dikey
Bu durumda $Z_y = 0,833 \text{ cm}^3$

$$\sigma_m = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{1700 N \cdot 0,8 m}{8 \cdot 0,833 \text{ cm}^3} = 240 N / \text{mm}^2$$

İletkenin uzama sınırı içinde olduğunun kontrolü (6) numaralı denklem ile yapıldığında

$$\sigma_m \leq q R_{p0,2} \quad (6)$$

İzin verilen uzama sınırı çizelge 1'e göre E-Al F10 için en az 70 en fazla 120 N/mm²

Güvenlik açısından en az uzama sınırını almak gerekir.

Yukarıda belirtildiği gibi bu uygulama için $q = 1,5$ alınırsa ve değerler yerleştirildiğinde

$$240 N / \text{mm}^2 \leq 1,5 \cdot 70 N / \text{mm}^2$$

(6) numaralı denklemdeki koşul yerine getirilemiyor iletken kesitinin değiştirilmesi veya iletken malzemesini bakır seçilerek hesabın yenilenmesi gerekir.

İletken malzemesi 40x10 ölçülerinde E-Cu F30 seçildiğinde

$$\sigma_m = V_\sigma V_r \beta \frac{F_m l}{8Z} \quad (5)$$

$$\sigma_m 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{1700N \cdot 0,8m}{8 \cdot 0,666} = 252N$$

olur.

Kontrol edildiğinde

$$252N / mm^2 \leq 1,5 \cdot 250N / mm^2$$

Koşul yerine getirilmiştir.

Alüminyum bakıra göre daha ekonomik olduğundan dolayı alüminyum bara kullanılacaksa hesap bara konumları değiştirilerek yenilenebilir. Bunun için iletkenlerin geniş kenarlarının paralel olarak yerleştirilmesi yerine dar kenarlarının paralel konumu (kılıçlamasına) denenmelidir. Yani kuvvet x eksenine dik olarak etkileyecek biçimde.

Bu durumda hesap alüminyum için yenilendiğinde ve $Z_x = 4,160 \text{ cm}^3$ alındığında ve değerler yerleştirildiğinde kısa devre sırasında oluşan mekanik gerilim

$$\sigma_m = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{1700N \cdot 0,8m}{8 \cdot 4,160 \text{ cm}^3} \approx 41N / mm^2$$

olur.

$$41N / mm^2 \leq 1,5 \cdot 70N / mm^2$$

koşul yerine getirilmiştir. İletken elektromanyetik kuvvete dayanabilir. Tasarım buna göre de yapılabilir. Yani tasarım ya Al iletken ile dar kenarları paralel (kılıçlamasına) yerleştirilerek veya Cu iletken geniş kenarları paralel yerleştirilerek yapılabilir.

Şimdi sıra iletken kesitlerinin termik bakımdan kısa devre akımına dayanabileceğinin kontrolüne gelmiştir. Akım yoğunluğu Resim 2'deki eğrilerden seçilebilir. Bunun için (7) numaralı formül kullanılır.

$$I_{thr} = S_{thr} A \quad (7)$$

İletken kesiti Resim 2'deki eğriye göre kısa devre oluşmadan önce iletken sıcaklığı $90 \text{ }^\circ\text{C}$ olduğu kabul edilirse ve kısa devre sırasında izin verilen sıcaklık hem Al ve hem de Cu için $200 \text{ }^\circ\text{C}$ olduğuna göre akım yoğunluğu Resim 2'deki eğrilerden Al için 80 A/mm^2 ve Cu için 120 A/mm^2 okunur.

Buna göre Al için değerler yerleştirildiğinde

$$I_{thr} = 80 \text{ A/mm}^2 \cdot 500 \text{ mm}^2 = 40000 \text{ A} = 40 \text{ kA}$$

İletken 40 kısa devre sırasında 40 kA'e dayanabilir.

Cu için değerler yerleştirildiğinde

$$I_{thr} = 120 A / mm^2 \cdot 400 mm^2 = 48000 A = 48 kA$$

İletken 40 kA kısa süre akımına dayanabilir.

3.2 Sıcaklık Artışlarının Ekstrapolasyon Yöntemi ile Belirlenmesi

Sıcaklık Artışlarının Ekstrapolasyon ile belirleme yöntemi IEC Report 1117'ye göre uygulanır ve yalnız PTTA için geçerlidir.

EN 60 439-1'e göre uygulanması gereken tip deneylerinin içinde, sıcaklık artış (izin verilen en fazla sıcaklık artış sınırının doğrulanması) deneyi öngörölmüştür. Sıcaklık artış deneyi uygulanamayan veya ekonomik bakımdan uygulanması uygun olmayan Alçak Gerilim Anahtarlama ve Kontrol Üniteleri için sıcaklık artışı, diğer Anahtarlama ve Kontrol Ünitelerinin deneylerinde elde edilen veriler baz alınarak ekstrapolasyon yöntemi ile hesaplanabilir. Bu nedenle bu Anahtarlama ve Kontrol Üniteleri "Kısmen Tip Deneyli Anahtarlama ve Kontrol Üniteleri" olarak tanımlanırlar.

Değişik hesap yöntemleri düşünölebilir ve uygun olabilir. Adı geçen standarttaki belirlenmiş katsayılar ve sabit değerler çok sayıdaki Anahtarlama ve Kontrol Ünitelerinde yapılan ölçümlerle ve deney sonuçları ile teyit edilmiştir. Bundan dolayı bu standartta anlatılan yöntem uygun bir yöntem olup EN 60 439-1 Madde 8.2.1 (TSE 3367), Madde 8.2.1) de istenilen koşulları kanıtlamak için, Kısmen Tip Deneyli Anahtarlama ve Kontrol Ünitelerinde (PTTA) uygulanabilir.

Bu yöntem, kapalı ve ayırma plakaları ile yalıtılmış, cebri soğutma olmayan PTTA için uygulanır.

Mahfazanın yapımında kullanılan malzeme türleri ve kalınlıkları ısınmaya etkileri ihmal edilebilir. Bundan dolayı bu yöntem çelik sac, alüminyum, dökme demir, yalıtkan malzeme ve benzerlerinden yapılmış mahfazalar için geçerlidir.

Yüksek işletme sıcaklıklarına ulaşılamayacağı kesin olarak bilinen PTTA'lar için ısınma hesaplarına gerek yoktur.

Bu yöntem yalnız aşağıdaki koşullarda geçerlidir:

- Mahfaza içindeki kayıp güçlerin yaklaşık eşit olarak dağılması,
- Mahfaza içindeki cihazların hava sirkölasyonunu çok olumsuz etkilemeyecek biçimde yerleştirilmesi,
- Mahfaza içine yerleştirilen cihazların doğru akım veya alternatif akımda 60 Hz'e kadar en fazla 3150 A anma akımında olması,
- Daha yüksek akımlarda, cihazların fuko akımlarına neden olamayacak biçimde yerleştirilmesi,
- Havalandırma açıklıkları (panjurları) öngörölmüş mahfazalarda hava çıkış açıklıklarının (delik veya pencerelerinin) giriş açıklıklarının 1,1 katı olması,
- Bir PTTA'da veya bir PTTA'nın bölümünde yatay olarak yerleştirilmış ayırma plakalarının sayısının 3'den fazla olmaması,
- Eğer bölümlerde havalandırma açıklıkları öngörölmüşse, yatay olarak yerleştirilmış ayırma plakalarındaki açıklıkların alanlarının da en az bölümün yatay kesitinin %50'si olması gerekir.

3.2.1 Hesap Yöntemi

3.2.1.1 Hesap için Grekli veriler

Aşağıdaki veriler mahfaza içindeki havanın ısınmasının hesaplanması için gereklidir:

- Mahfazanın ölçüleri, yükseklik, derinlik ve genişlik,
- Mahfazanın yerleştirilme türü, Resim 4'e göre,
- Mahfazanın tasarımı, örneğin havalandırma açıklığı olan veya havalandırma açıklığı olmayan,
- Mahfaza içindeki yatay ayırma plakalarının sayısı,
- Mahfaza içindeki cihazların etkili kayıp güçleri.

Not: PTTA'daki cihazların etkili kayıp güçlerinin değerleri üreticilerden (katologlar) alınmalı ve değişik akım devrelerinin beyan anma akımlarına uygun olarak hesaplanmalıdır. İletken ve iletkenlerin kayıp güçleri hesaplanarak belirlenmelidir.

3.2.1.2 Hesap Yöntemi

Çizelge 1, Sütun 4 ve 5'deki mahfaza için, içindeki hava sıcaklığının artışı, Çizelge 1 Sütun 1, 2 ve 3'deki formüllerle hesaplanır.

İlgili katsayı ve üsler (tanıma değeri) Çizelge 1 Sütun 6 ila 10'dan alınmalıdır.

Formül işaretleri, birimler ve tanımlar Çizelge 2'de verilmiştir.

Düşey ayırma plakası bulunan çok ve çok sayıdaki şalt dolap ünitelerinden oluşan PTTA'larda, mahfaza içindeki havanın ısınması, her şalt dolabı için ayrı ayrı belirlenmelidir.

Eğer mahfazada, düşey ayırma plakaları olmayan münferit şalt dolaplarının etkili soğutma yüzeyi 11,5 m²'den fazla veya 2 m'den daha genişse, hesap için bu ölçülere yakın olarak fiktif şalt dolaplarına ayrılmalıdır.

Not . Resim 8'den sonraki form, hesaplama için kullanılır.

a) Mahfazanın etkili soğutma yüzeyi A_e 'nin Hesaplanması

Soğutma yüzeyi Çizelge 1, Sütun 1'deki formüle (1) göre hesaplanır.

Bir mahfazanın etkili soğutma yüzeyi, A_e ve A_0 münferit yüzeylerin b yüzey katsayısı ile çarpımlarının toplamıdır. Bu katsayı ile mahfazanın montaj türüne göre münferit yüzeyler üzerinden ısı iletimi dikkate alınır.

b) Mahfaza İçindeki Hava Sıcaklık artışı $\Delta t_{0,5}$ 'in Mahfazanın Yarı Yüksekliğindeki Değerinin Hesaplanması

Sıcaklık artışı Çizelge 1, Sütun 2'deki formüle göre hesaplanır. Formüldeki (2) mahfaza katsayısı k ile, havalandırma açıklığı olmayan mahfazalardaki etkili soğutma yüzeyini ve ek olarak da havalandırma açıklığı olan mahfazalardaki hava giriş açıklığının alanı dikkate alınır.

Mahfaza içindeki havanın ısınmasının bağıntısı etkili kayıp güç P 'nin x üssü ile ifade edilir. Katsayı d ile ısınmanın yatay olarak yerleştirilmiş ayırma plakalarının sayısı dikkate alınır.

c) Mahfaza İçindeki Hava Sıcaklığı artışı $\Delta t_{1,0}$ 'in Mahfaza Üst Kapağının Hemen Altındaki Değerinin Hesaplanması

Sıcaklık artışı Çizelge 1, Sütun 3'deki formül ile hesaplanır.

Katsayı c ile, mahfaza içindeki sıcaklık dağılımı dikkate alınmıştır. c'nin değeri aşağıda belirtildiği gibi, Anahtarlama ve kontrol Ünitesinin yapısına ve montaj tarzına ve yerine bağlıdır.

d) Havalandırma açıklığı olmayan ve etkili soğutma yüzeyi $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ olan mahfazalar için:

Resim 4'deki c katsayısı, montaj türü, yeri, yüksekliği ve mahfazanın oluşturduğu taban alanından hesaplanır ve f katsayısına bağlıdır.

$$f = \frac{h^{1,35}}{A_b}$$

e) Havalandırma açıklığı olan ve etkili soğutma yüzeyi $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ olan mahfazalar için:

Resim 6'deki c katsayısı, havalandırma açıklığına ve Yükseklik/Taban Alanından'dan hesaplanan f katsayısına bağlıdır.

$$f = \frac{h^{1,35}}{A_b}$$

f. Havalandırma açıklığı olmayan ve etkili soğutma yüzeyi $A_e \leq 1,25 \text{ m}^2$ olan mahfazalar için:

Resim 8'deki c katsayısı, Yükseklik/Genişlik'ten hesaplanan g katsayısına bağlıdır.

$$g = \frac{h}{w}$$

Buradaki formül işaretlerinin anlamları:

h	Mahfaza yüksekliği m olarak
A_b	Mahfazanın taban alanı m^2 olarak
w	Mahfaza genişliği m olarak

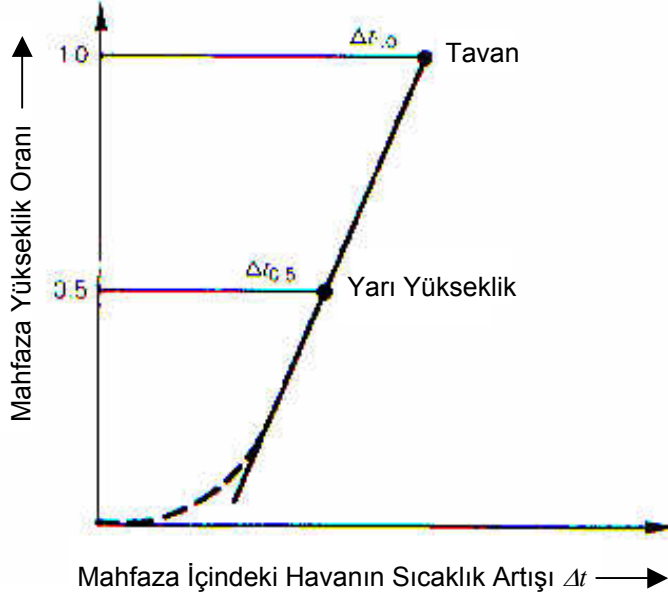
3.2.1.3 Mahfaza İçindeki Havanın Sıcaklık artış Eğrisi

Bölüm 6'ya uygun olarak tasarımın değerlendirilmesi için 5.22 ve 5.2.3'deki hesap sonuçlarından, mahfaza içindeki havanın sıcaklık artış eğrisi, mahfaza yüksekliğine göre çıkarılır. Değişik yüksekliklerdeki hava sıcaklıklar, tüm mahfaza yatay kesitinde sabittir.

a) Etkili Soğutma Yüzeyi $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ olan mahfazalarda Sıcaklık artış eğrisi

Normalde sıcaklık artış eğrisini, $\Delta t_{1,0}$ ve $\Delta t_{0,5}$ noktalarının birleştiği doğru ile yeterli duyarlılıkta elde etmek mümkündür (Resim 1).

Mahfazanın tabanında iç sıcaklık artışı yaklaşık olarak sıfırdır, yani sıcaklık artış eğrisi sıfıra doğru gider (Pratikte eğrinin kesik çizgilerle belirtilmiş bölümü önemsizdir).



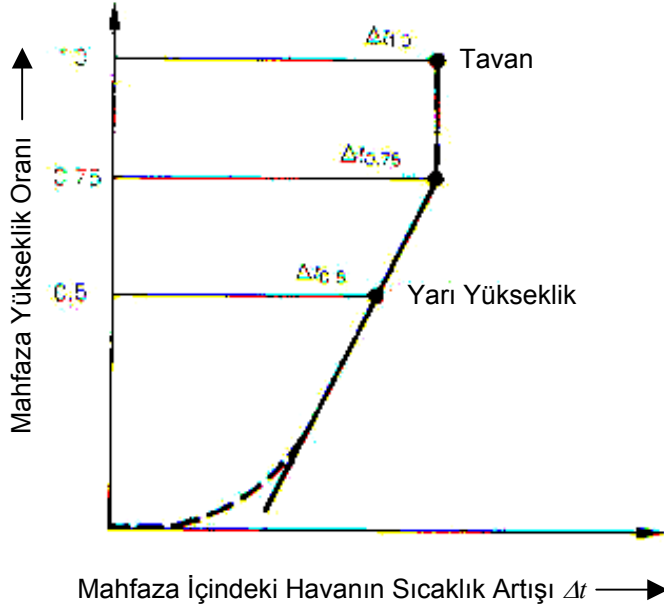
Resim 1 Etkili soğutma yüzeyi $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ olan mahfazalarda sıcaklık artış eğrisi

b) Etkili Soğutma Yüzeyi $A_e \leq 1,25 \text{ m}^2$ olan mahfazalarda Sıcaklık artış eğrisi

Bu tür mahfazalarda sıcaklık üst dörtte bir yükseklikte sabittir ve sıcaklık artışları $\Delta t_{1,0}$ ve $\Delta t_{0,75}$ eşittir (Bak. Resim 2).

Sıcaklık artış eğrisi mahfaza yüksekliğinin 0,5 ve 0,75'indeki sıcaklık noktalarını birleştiren eğridir (Bak. Resim 2).

Mahfazanın tabanındaki iç sıcaklık artışı yaklaşık sıfırdır, yani sıcaklık artış eğrisi sıfıra doğru gider (Pratikte eğrinin kesik çizgilerle belirtilmiş bölümü önemsizdir).



Resim 2 Etkili soğutma yüzeyi $A_e \leq 1,25 \text{ m}^2$ olan mahfazalarda sıcaklık artış eğrisi

3.2.2 Tasarımın Değerlendirilmesi

PTTA'nın içine monte edilmiş cihazların kusursuz olarak çalışıp çalışamayacaklarının belirlenmesi gerekir. Eğer bu belirleme sonucu olumsuz olursa, parametrelerin değişmesi ve dolayısıyla hesabın yeniden yapılması gerekir.

Çizelge 1 Hesap Yöntemi, Uygulama, Formüller ve Değerler

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Hesap formülleri			Mahfaza		Tanıma Değerleri					Eğri
Etkili soğutma yüzeyi A_e	Mahfaza içindeki hava sıcaklık artışı		Etkili soğutma yüzeyi A_e		Katsayılar				Üsler x	Sıcaklık artış eğrisinin çizilmesi
	Mahfazanın yarı yüksekliğinde	Mahfaza tavanının iç yüzeyinde			b İlgili resim veya çizelge	k İlgili resim	d İlgili resim veya çizelge	c İlgili resim		
$A_e = \Sigma A_{0,b}$ (1)	$\Delta t_{0,5} = k \cdot d \cdot p^x$ (2)	$\Delta t_{1,0} = c \cdot \Delta t_{0,5}$ (3)	$> 1,25 \text{ m}^2$	Havalandırma açıklıkları olmayan mahfaza	Çizelge 3	Resim 3	Çizelge 4	Resim 4	0,804	Bak. Madde 5.2.4.1
				Havalandırma açıklıkları olan mahfaza		Resim 5	Çizelge 5	Resim 6	0,715	

			<1,25 m ²	Havalan dırma açıklıkla raı olmayan mahfaz a	Resim 7	-	Resim 8	0,804	Bak. Madde 5.2.4.2
--	--	--	-------------------------	--	------------	---	------------	-------	--------------------------

Formül işaretleri, birimler ve tanımlar için bak. Çizelge 2.

Çizelge 2 Formül İşaretleri, Birimler ve Tanımlar

Formül işareti	Birim	Tanım
A_0	m ²	Mahfaza dış yüzeyleri
A_b	m ²	Mahfaza taban alanı
A_e	m ²	Mahfazanın etkili soğutma yüzeyi
b	-	Yüzey katsayısı
c	-	Sıcaklık dağılım katsayısı
d	-	Mahfaza içindeki yatay ayırma plakaları için katsayı
f	-	Yükseklik/Taban alanı katsayısı
g	-	Yükseklik/Genişlik katsayısı
h	m	Mahfaza yüksekliği
k	-	Mahfaza sabiti
n	-	Mahfaza içindeki yatay ayırma plaka sayısı (en fazla 3 plaka)
P	W	Mahfaza içine yerleştirilmiş cihazların etki kayıp güçleri
w	m	Mahfaza genişliği
x	-	Üs
Δt	K	Sıcaklık artışı, genel
$\Delta t_{0,5}$	K	Mahfaza içindeki havanın sıcaklık artışı, 1/2 mahfaza yüksekliğinde
$\Delta t_{0,75}$	K	Mahfaza içindeki havanın sıcaklık artışı, 3/4 mahfaza yüksekliğinde
$\Delta t_{1,0}$	K	Mahfaza tavanının iç yüzeyindeki havanın sıcaklık artışı

Çizelge 3 Montaj Türüne Bağlı Olarak Yüzey Katsayısı b

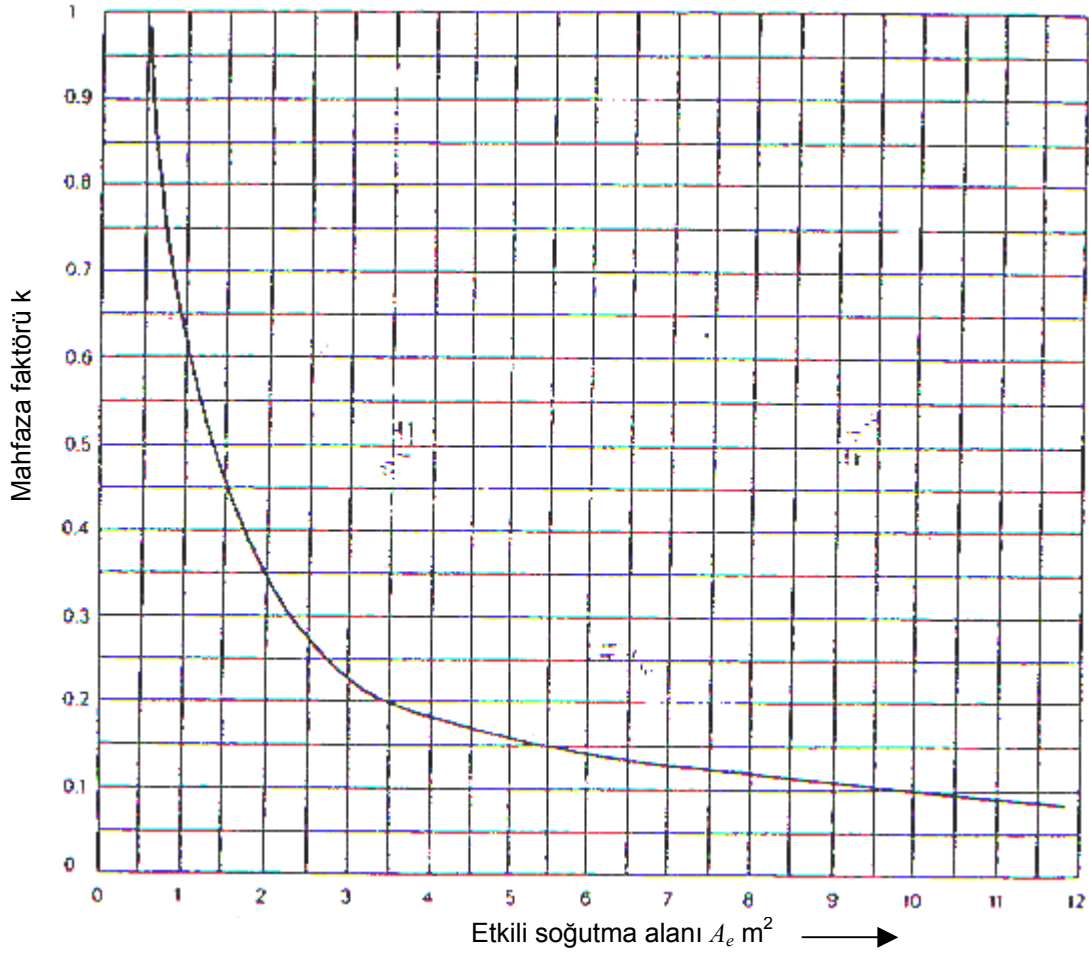
Montaj Türü	Yüzey katsayısı b
Serbest tavan yüzeyi	1,4
Üstü kapalı, Örneğin monte edilmiş başka bir mahfaza birimi	0,7
Yan duvarları serbest, Örneğin Ön, arka ve yan duvarlar.	0,9
Yan duvar kapalı, Örneğin Arka duvar bina duvarına dayalı	0,5
Ortadaki mahfazanın yan duvarları	0,5
Taban alanı	Dikkate alınmaz
Hesap amacı ile öngörülen fiktif yan duvarlar dikkate alınmaz. Bak. Madde 5.2	

Çizelge 4 Havalandırma Açıklıkları Olmayan, Etkili Soğutma Yüzeyi $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ Olan Mahfazalarda d Katsayısı

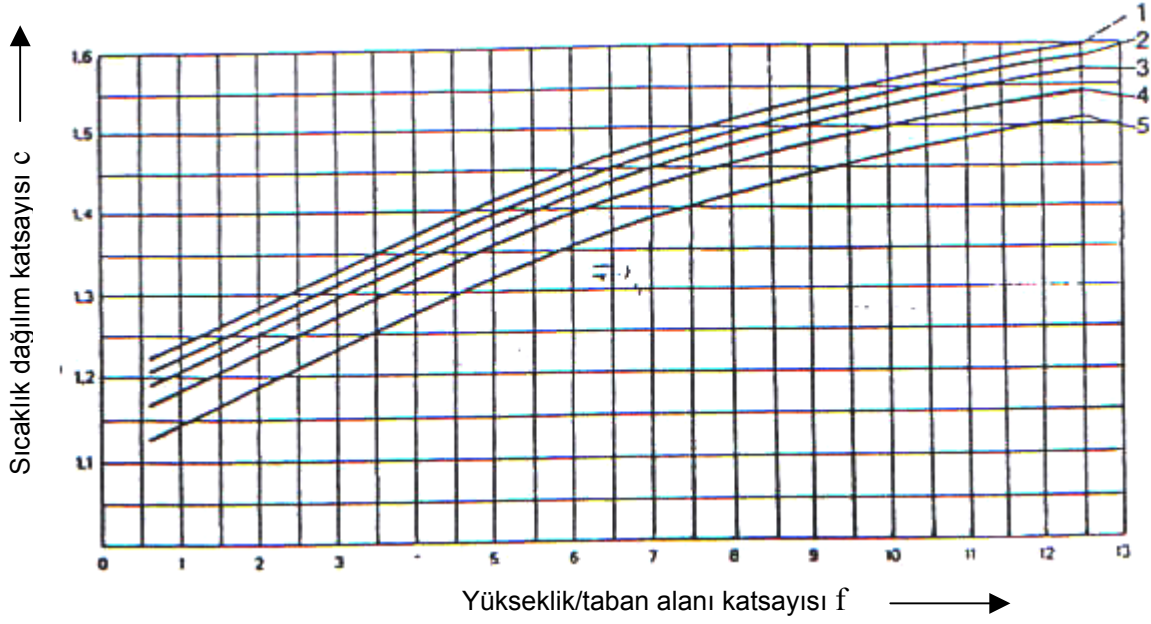
Yatay ayırma plaka sayısı n	0	1	2	3
Katsayı d	1,0	1,05	1,15	1,30





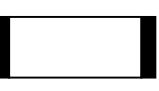


Çizelge 5 Havalandırma Açıklığı Olan, Etkili Soğutma Yüzeyi $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ Olan Mahfazalarda d Katsayısı

Yatay ayırma plaka sayısı n	0	1	2	3
Katsayı d	1,0	1,05	1,10	1,15

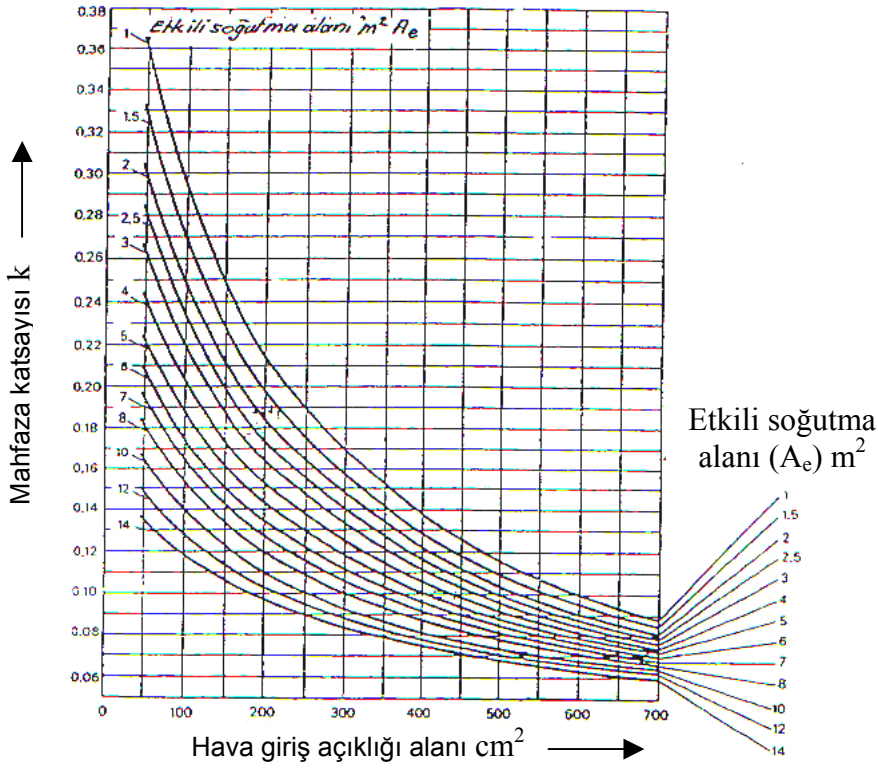


Resim 3 Havalandırma açıklığı olmayan ve etkili soğutma yüzeyleri $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ olan mahfazalarda, k mahfaza katsayısı

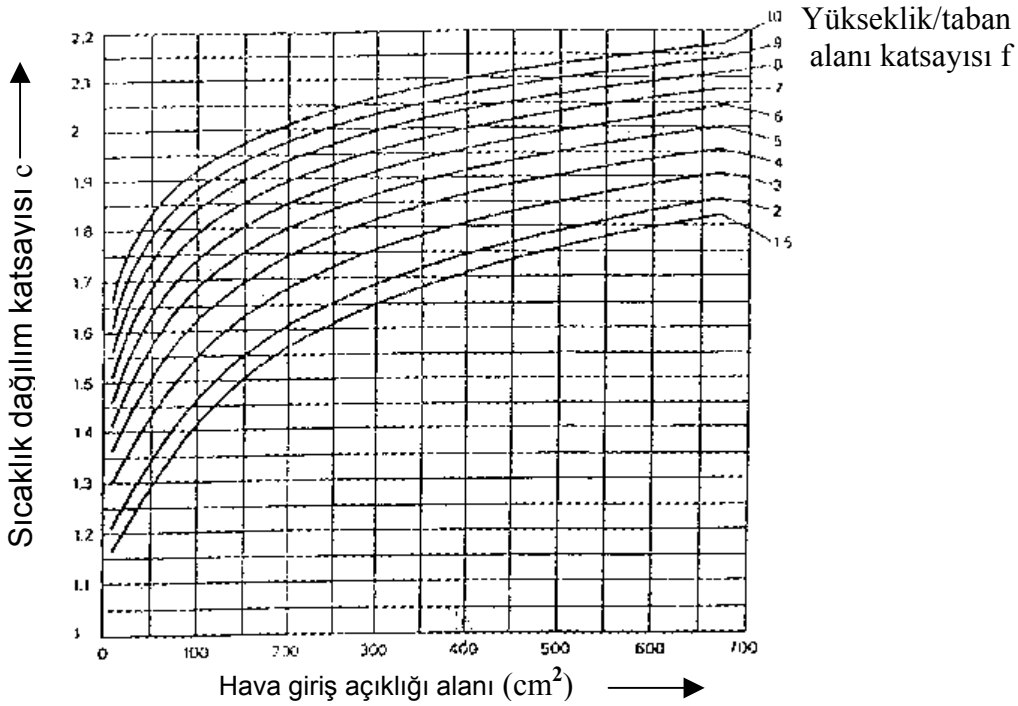


Mahfaza Montaj Türü		Eğri
a		Her tarafı serbest olan tek mahfaza 1
b		Duvara dayalı tek mahfaza 3
c		Serbest olan nihai mahfaza 2
d		Duvara dayalı nihai mahfaza 4
e		Ortada bulunan nihai mahfaza 3
f		Duvara dayalı orta mahfaza 5
g		Duvara dayalı ve üstü kapalı orta mahfaza 4

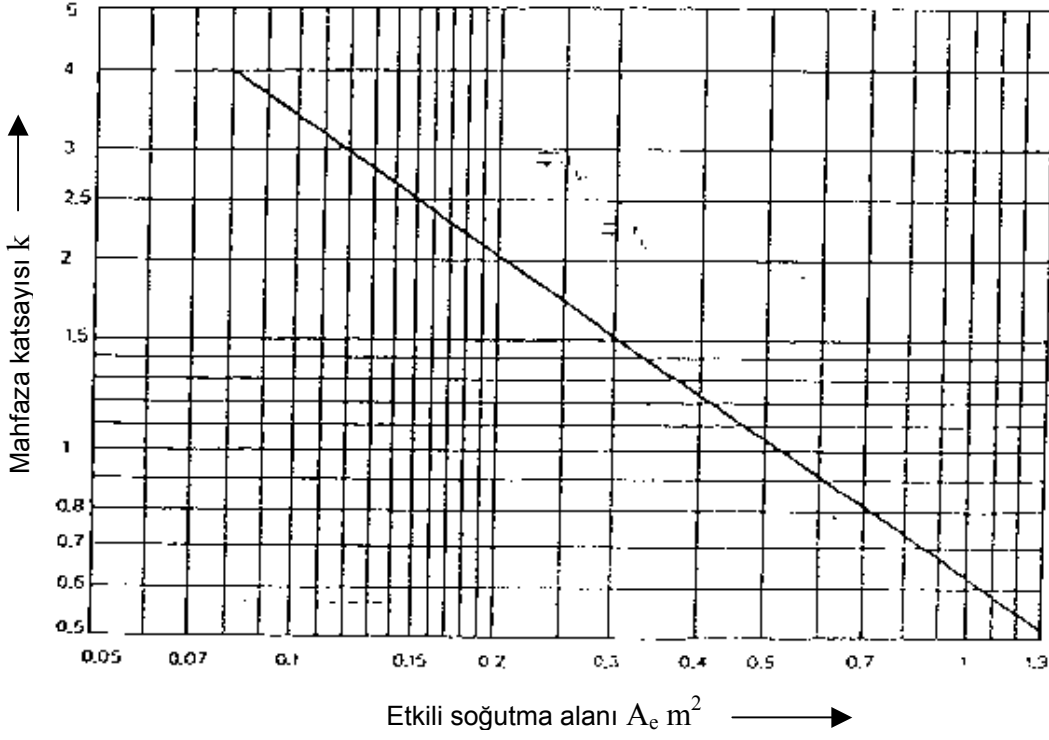
Resim 4 Havalandırma açıklığı olmayan ve etkili soğutma yüzeyleri $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ olan mahfazalarda, c sıcaklık dağılım katsayısı



Resim 5 Havalandırma açıklığı olan ve etkili soğutma yüzeyleri $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ olan mahfazalarda, k mahfaza katsayısı

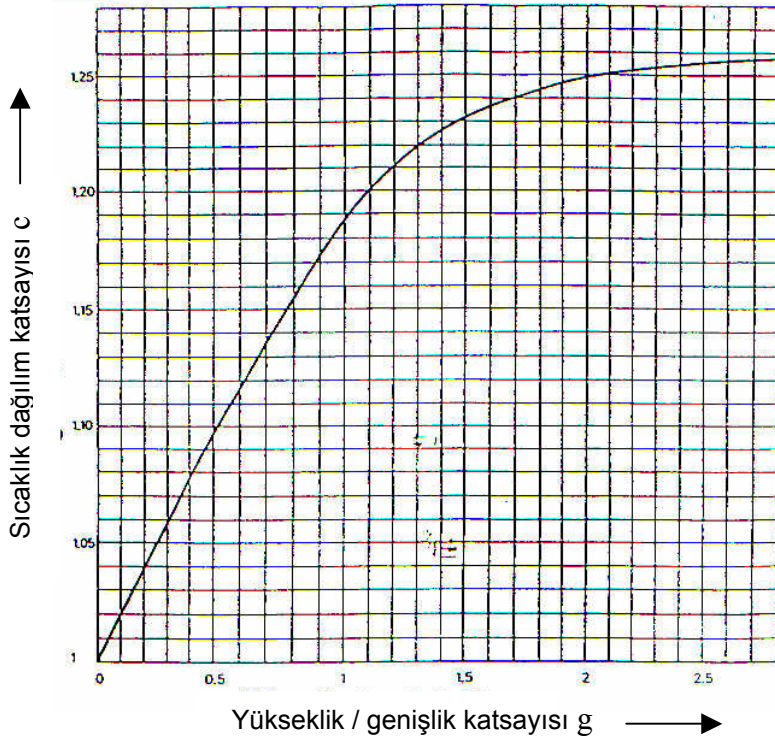


Resim 6 Havalandırma açıklığı olan ve etkili soğutma yüzeyleri $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ olan mahfazalarda, c sıcaklık dağılım katsayısı



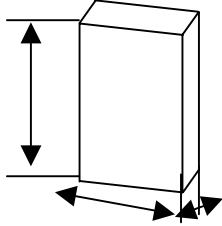
Resim 7 Havalandırma açıklığı olmayan ve etkili soğutma yüzeyleri $A_e \leq 1,25 \text{ m}^2$ olan mahfazalarda, k mahfaza katsayısı

- 1) Hava çıkış açıklığı alanı, en az hava giriş alanının en az 1,1 katı olmalıdır.
- 2) Yükseklik/Taban alanı katsayısı için Bak. Madde 5.2.3

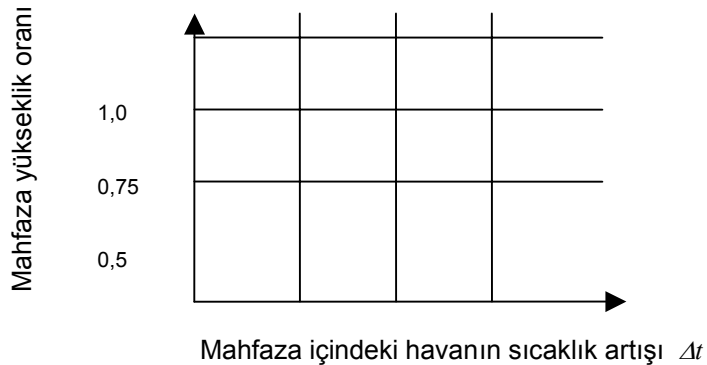


Resim 8 Havalandırma açıklığı olmayan ve etkili soğutma yüzeyleri $A_e \leq 1,25 \text{ m}^2$ olan mahfazalarda, c sıcaklık dağılım katsayısı

Mahfaza içindeki hava sıcaklık artışının hesaplanması

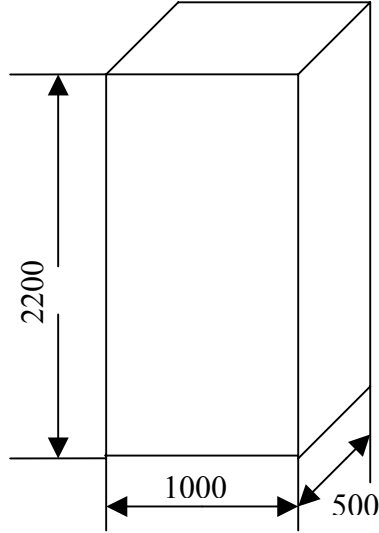
Müşteri/Proje :					
Mahfaza Tipi :					
Sıcaklık artışı için gerekli ölçüler	Yükseklik :..... mm	Montaj Türü :			
	Genişlik :..... mm	Havalandırma açıklıkları : Evet/Hayır			
	Derinlik :..... mm	Yatay ayırma plaka sayısı :			
Etkili Soğutma Yüzeyi		Ölçüler	A_0	Yüzey katsayısı b Çizelge 3'e göre	$A_0 \cdot b$
		m x m	m^2		m^2
		2	3	4	5
	Tavan yüzeyi				
	Ön yüzey				
	Arka yüzey				
	Sol yan yüzey				
Sağ yan yüzey					
$A_e = \Sigma(A_0 \cdot b) =$					
Etkili Soğutma Yüzeyi					
$A_e > 1,25 \text{ m}^2$			$A_e \leq 1,25 \text{ m}^2$		
$f = \frac{h^{1,35}}{A_b}$ (Bak. Madde 5.2.3)			$g = \frac{h}{w}$ (Bak. Madde 5.2.3)		
=			=		
Havalandırma açıklıkları	[cm ²]				
Mahfaza katsayısı k					
Yatay ayırma plaka katsayısı d					
Etki kayıp güç W	[W]				
$P^x = P \dots$					
$\Delta t_{0,5} = k \cdot d \cdot P^x$	[K]				
Sıcaklık dağılım katsayısı c					
$\Delta t_{1,05} = c \cdot \Delta t_{0,5}$	[K]				

Sıcaklık eğrisi



Mahfaza içindeki havanın sıcaklık artışının hesaplanmasına örnekler

Örnek 1



Havalandırma açıklıkları ve içinde yatay ayırma plakaları olmayan serbest dikili tek bir mahfaza.

Yükseklik : 2200 mm
Genişlik : 1000 mm
Derinlik : 500 mm

Hesap

(Hesap sonuçlarının kayıtları Örnek 1'in çizelgesinde görülebilir.)

- Etkili soğutma yüzeyi A_e Madde 5.2.1'e göre belirlenecek. Münferit yüzeyler mahfaza ölçülerinden hesaplanacak, yüzey katsayıları "b" Çizelge 3'den alınacak.
- Havanın sıcaklık artışı $\Delta t_{0,5}$ Madde 5.2.2'ye göre belirlenecek. Çizelge 1, Sütun 2:

$$\Delta t_{0,5} = k \cdot d \cdot P^x \quad (2)$$

k katsayısı, Çizelge 1, Sütun 7'den $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ için Resim 3'e göre alınacak.

$$A_e > 6,65 \text{ m}^2 \text{ için } k = 0,135$$

d katsayısı, Çizelge 1, Sütun 8'e göre $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ için Çizelge 4'den alınacak

$$\text{Yatay ayırma plakalarının sayısı} = 0, \quad d = 1,0$$

Gerçek kayıp güç (verilere göre) $P = 300 \text{ W}$.

Çizelge 1, Sütun 10'da x üssü $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ için $x = 0,804$

Yukarıdaki formüle (Formül 2) değerler yerleştirildiğinde;

$$\begin{aligned} \Delta t_{0,5} &= k \cdot d \cdot P^x = 0,135 \cdot 1,0 \cdot 300^{0,804} = \\ \Delta t_{0,5} &= 13,24\text{K} \approx 13,2\text{K} \end{aligned}$$

- Havanın sıcaklık artışı $\Delta t_{1,0}$, Madde 5.2.3'e göre belirlenecek:
Formül 3, Çizelge 1, Sütun 9'a göre $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ için Resim 4:

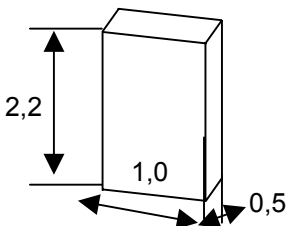
$$f = \frac{h^{1,35}}{A_b} = \frac{2,2^{1,35}}{1,0 \cdot 0,5} = 5,80$$

böylece Resim 4, Eğri 1'den ; $d=1,44$ değeri alınır.
değerler formül 3'e yerleştirildiğinde

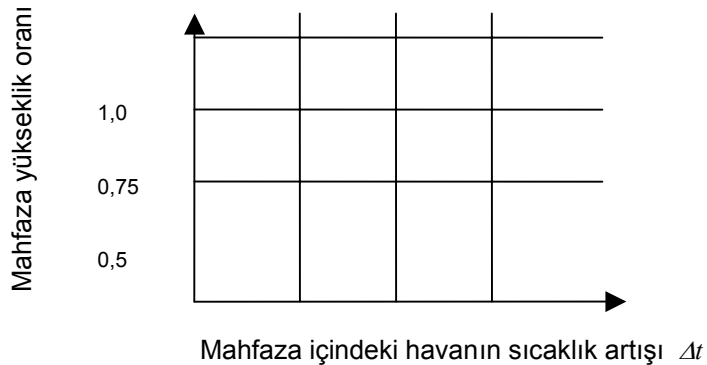
$$\Delta t_{1,0} = c \cdot \Delta t_{0,5} = 1,44 \cdot 13,24 = 19,07 \approx 19,1K$$

- Madde 5.2.4.1'e göre $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ için sıcaklık artış eğrisi çizilecek (Örnek 1'de çizelgedeki resme bak.)
- Hesap sonuçları Madde 6'ya göre değerlendirilecek.
Değerlendirmede mahfaza içindeki cihazların üzerinden beyan edilen akımların geçmesi sonucu mahfaza içindeki havanın ulaştığı sıcaklıkta cihazların bu ortam sıcaklığında sağlıklı çalışabileceği kontrol edilir (Bak. Madde 3, Not).
Eğer olumlu sonuç alınamazsa, parametreler değiştirilerek hesap yeniden yapılır.

Mahfaza içindeki hava sıcaklık artışının hesaplanması

Müşteri/Proje :					
Mahfaza Tipi :					
Sıcaklık artışı için gerekli ölçüler	Yükseklik :..... mm	Montaj Türü :			
	Genişlik :..... mm	Havalandırma açıklıkları : Evet/Hayır			
	Derinlik :..... mm	Yatay ayırma plaka sayısı :			
Etkili Soğutma Yüzeyi		Ölçüler	A_0	Yüzey katsayısı b Çizelge 3'e göre	$A_0 \cdot b$
		m x m	m^2		m^2
		2	3	4	5
	Tavan yüzeyi				
	Ön yüzey				
	Arka yüzey				
	Sol yan yüzey				
Sağ yan yüzey					
$A_e = \Sigma(A_0 \cdot b) =$					
Etkili Soğutma Yüzeyi					
$A_e > 1,25 \text{ m}^2$			$A_e \leq 1,25 \text{ m}^2$		
$f = \frac{h^{1,35}}{A_b}$ (Bak. Madde 5.2.3)			$g = \frac{h}{w}$ (Bak. Madde 5.2.3)		
= =			= =		
Havalandırma açıklıkları		[cm ²]			
Mahfaza katsayısı k					
Yatay ayırma plaka katsayısı d					
Etki kayıp güç W		[W]			
$P^x = P \dots$					
$\Delta t_{0,5} = k \cdot d \cdot P^x$		[K]			
Sıcaklık dağılım katsayısı c					
$\Delta t_{1,05} = c \cdot \Delta t_{0,5}$		[K]			

Sıcaklık eğrisi

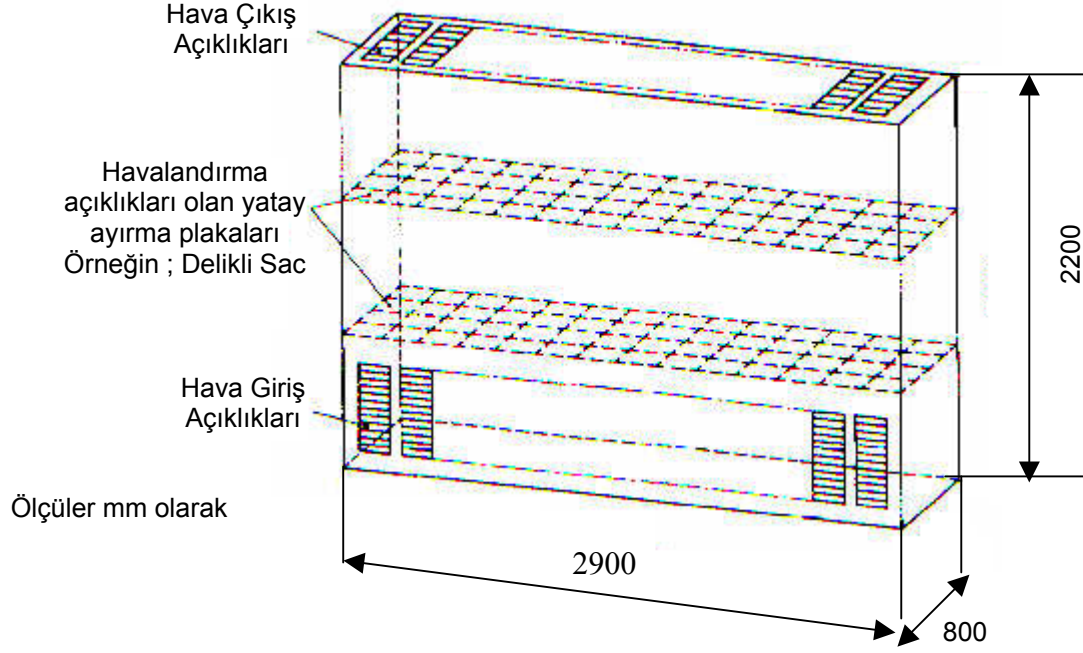


Örnek 2

Havalandırma açıklıkları olan duvara dayalı mahfaza.

$$\begin{aligned} \text{Hava giriş açıklıklarının alanı} &= 1220 \text{ cm}^2 \\ \text{Hava çıkış açıklıklarının alanı} &= 1800 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Mahfaza içinde iki yatay ayırma plakası öngörülmüş. Her yatay ayırma plakasında havalandırma delikleri var (Örneğin: delikli sac). Havalandırma deliklerinin toplam alanı ayırma plakası alanının % 50'sinden fazla. Mahfaza içindeki etkili kayıp güç $P = 2200 \text{ W}$.



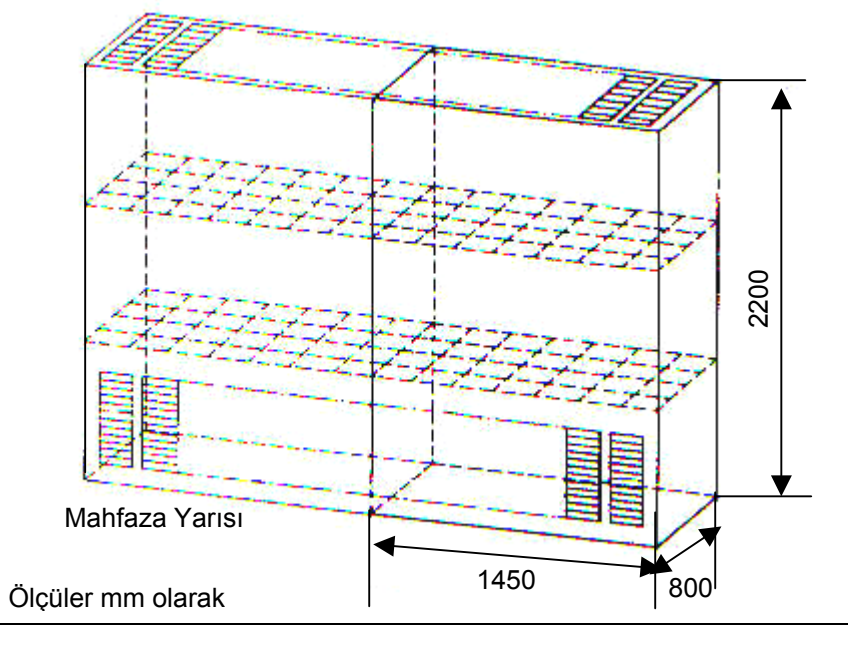
Hesap

(Hesap sonuçlarının kayıtları Örnek 2'in çizelgesinde görülebilir.)

- Beklenen soğutma yüzeyi $11,5 \text{ m}^2$ 'den büyük ve mahfaza genişliği $1,5 \text{ m}$ 'den daha fazla olduğundan tüm mahfaza hesap için Madde 5.2'de belirtildiği gibi sanal (fiktif) bölümlere ayrılır. Yapısal bir bölümlendirme olmadığından, bu örnekte hesabı kolaylaştırmak için iki eşit sanal bölüme ayrılmıştır. Bu arada kayıp güçlerin ve havalandırma açıklıklarının her iki sanal bölüme eşit olarak dağıldığı kabul edilmiştir ve değerlerin her bölüm için yarısı alınacaktır.

Hesap yalnız bir bölüm için yapılacak ve elde edilen hesap sonuçları aynen diğer bölüm için de geçerli olacaktır.

- Madde 5.1'e göre bir mahfaza bölümü (yarısı) için gerekli veriler:

 <p>Mahfaza Yarısı</p> <p>Ölçüler mm olarak</p>	<p>Duvara dayalı mahfaza hava giriş açıklıkları</p> $= \frac{1220}{2} = 610 \text{ cm}^2$ <p>hava çıkış açıklıkları</p> $= \frac{1800}{2} = 900 \text{ cm}$ <p>iki yataq ayırma plakalı (Örneğin: delikli sac) mahfaza için etkili kayıp güç</p> $= \frac{2200}{2} = 1100 \text{ W}$
---	--

- Her iki mahfaza yarısı için etkili soğutma yüzeyi Madde 5.2.1'e göre belirlenecek. Münferit mahfaza yüzeyleri mahfaza ölçülerinden hesaplanacak; yüzey katsayısı b Çizelge 3'den alınacak. Sanal bölümlerin oluşturmasıyla ortaya çıkan her iki mahfaza yarısı arasındaki yüzey Çizelge 3'e göre dikkate alınmayacak.
- Hava sıcaklık artışı $\Delta t_{0,5}$ Madde 5.2.2'ye göre belirlenecek. Çizelge 1, Sütun 2'deki Formül (2)

$$\Delta t_{0,5} = k \cdot d \cdot P^x$$

idi.

Katsayı k , Çizelge 1, Sütun 7'e göre havalandırma açıkları olan ve etkili soğutma yüzeyi $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ olan mahfaza için Çizelge 5'e göre 610 cm^2 hava giriş açıklığı ve $A_e = 7,674 \text{ m}^2$; $k=0,071$ olur. Katsayı d , Çizelge 1, Sütun 8'e göre havalandırma açıklıkları olan ve $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ olan mahfazalar için Çizelge 5'e göre iki yatay ayırma plakası için $d=1,1$ 'dir. Etkili kayıp güç (verilere göre) $P = 1100 \text{ W}$.

x üssü Çizelge 1, Sütun 10'dan havalandırma mahfazalı ve etkili soğutma yüzeyi $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ için $x=0,715$

Böylece yukarıdaki formüle (2) değerler yerleştirildiğinde:

$$\Delta t_{0,5} = k \cdot d \cdot P^x = 0,071 \cdot 1,10 \cdot 1100^{0,715} =$$

$$\Delta t_{0,5} = 11,67 = 11,7 \text{ K}$$

olur.

- Havanın sıcaklık artışı $\Delta t_{1,0}$, Madde 5.2.3'e göre belirlenecek. Çizelge 1, Sütun 3'deki formül (3)

$$\Delta t_{1,0} = c \cdot \Delta t_{0,5}$$

c katsayısı, Çizelge 1, Sütun 4'e göre havalandırma açıklıkları olan bir mahfaza ve etkili soğutma yüzeyi $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ için, resim 6'ya göre

$$f = \frac{h^{1,35}}{A_b} = \frac{2,2^{1,35}}{1,45 \cdot 0,8} = 2,50$$

dir.

Böylece Resim 6'dan 610 cm² hava giriş açıklığı için: c=1,87 okunur.

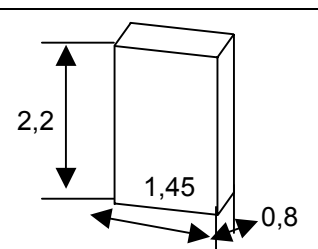
Formül (3)'e yerleştirildiğinde

$$\Delta t_{1,0} = c \cdot \Delta t_{0,5} = 1,87 \cdot 11,67K = 21,82 \approx 22K$$

çıkar.

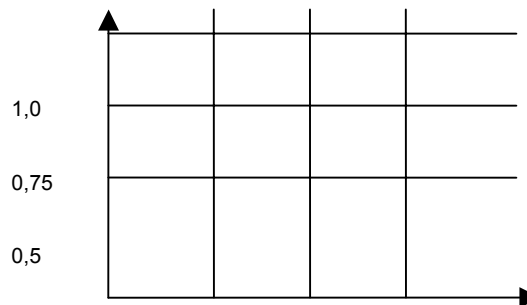
- Ae>1,25 m2 olan mahfazanın sıcaklık artış eğrisi Madde 5.2.4.1'e göre çizilir (Bak. Örnek 2 Hesap çizelgesi).
- Hesap sonuçları Madde 6'ya göre değerlendirilir. Değerlendirmede mahfaza içindeki cihazların üzerinden beyan edilen akımların geçmesi sonucu mahfaza içindeki havanın ulaştığı sıcaklıkta cihazların bu ortam sıcaklığında sağlıklı çalışabileceği kontrol edilir (Bak. Madde 3, Not). Eğer olumlu sonuç alınamazsa, parametreler değiştirilerek hesap yeniden yapılır.

Mahfaza içindeki hava sıcaklık artışının hesaplanması

Müşteri/Proje :					
Mahfaza Tipi :					
Sıcaklık artışı için gerekli ölçüler	Yükseklik : mm	Montaj Türü :			
	Genişlik : mm	Havalandırma açıklıkları : Evet/Hayır			
	Derinlik : mm	Yatay ayırma plaka sayısı :			
Etkili Soğutma Yüzeyi		Ölçüler	A_0	Yüzey katsayısı b Çizelge 3'e göre	$A_0 \cdot b$
		m x m	m^2		m^2
		2	3	4	5
	Tavan yüzeyi				
	Ön yüzey				
	Arka yüzey				
	Sol yan yüzey				
Sağ yan yüzey					
$A_e = \Sigma(A_0 \cdot b) =$					
Etkili Soğutma Yüzeyi					
$A_e > 1,25 \text{ m}^2$			$A_e \leq 1,25 \text{ m}^2$		
$f = \frac{h^{1,35}}{A_b}$ (Bak. Madde 5.2.3)			$g = \frac{h}{w}$ (Bak. Madde 5.2.3)		
= =			= =		
Havalandırma açıklıkları	[cm ²]				
Mahfaza katsayısı k					
Yatay ayırma plaka katsayısı d					
Etki kayıp güç W	[W]				
$P^x = P \dots$					
$\Delta t_{0,5} = k \cdot d \cdot P^x$	[K]				
Sıcaklık dağılım katsayısı c					
$\Delta t_{1,05} = c \cdot \Delta t_{0,5}$	[K]				

Sıcaklık eğrisi

Mahfaza yükseklik oranı



Mahfaza içindeki havanın sıcaklık artışı Δt