

Yüksek Gerilim Kondansatör Serileri ve Bunların Koruyucu Donanımları*

Yazan :
Hermann BEIZUOH
Çeviren :
Şemsi YÖNETİM

ÖZET

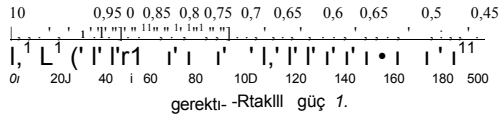
Rasyonallzasyon değerleri, teknik, ekonomik ve tarife önemi gibi hususlar, sistemin güç faktörünün artırılması yolunda büyük ilgi gördü. Buna bağlı olarak güç kondansatörlerinin önemi arttı. Son on yıl içinde güç kayıplarının azaltılması yolunda hatta küçük ünitelerde bile hacim, fiyat ve işletme güveni yönünde büyük gelişme sağlandı. Bundan dolayı şimdi 0,9'utu 'üzerinde bir güç faktörünü hedef tutmak ekonomiktir.

SUMMARY

in connection with rationalization measures, technical, economic and tariff considerations have led to a greatly increased interest in the systematic improvement of power factor. Accordingly, the importance of the poicer capacitor has increased considerably. in the post ten, years, great improvements have been made toith respect to the reduction of losses even wth small units, reliability, -solüme and price. it is therefore noiv economical aim at a poicer factor higher than 0,9.

1. BELİRLİ BtB GÜÇ FAKTÖRÜ İÇİN KONDANSATÖR TAYİNİ

Şimdiki durumda ve arzu edilen güç faktörü akalanın üzerinde işaretlenmiştir. Gerekli kondansatör gücü, aktif gücün yüzdesi olarak yukarıdaki skaladan birbirinin farkı olarak okunabilir (Şekil 1).



Şekil 1. Belirli bir güç faktörü için kondansatör gücü tayini.

örnek :

Şimdiki durumda : $p.f. = 0,7$

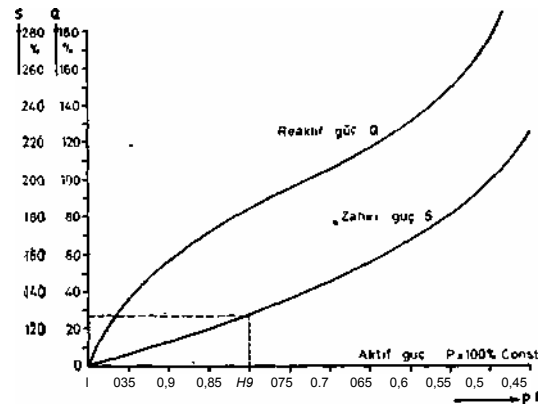
Arzu edilen : $p.t_a = 0,9$

Gerekli kapasitör gücü, % 102— % 48 = % 54 aktif gücün yüzdesi olarak hesaplanmalıdır.

Şekil 2'de güç kondansatörleri kullanılarak iletilen zahiri gücün azaltılması görülmektedir.

Çokluk reaktif gücün kondansatörlerle kompanze edilmesi aşağıdaki nedenlerden ötürü yararlı olmaktadır.

* Siemens Reviövv, S. 2, 1971, dergisinden çevrilmiştir .



Şekil 2. Güç kondansatörleri (kullanarak nakledilen zahiri gücün azaltılması).

a. iletilecek aktif gücü arttırır ve buna bağlı olarak da dağıtım şebekelerinin kârını arttırır.

b. Güç faktörünü düzeltir ve böylece tüketicinin reaktif enerji giderlerini azaltır.

c. Tristör ve statik çeviricilerin meydana getirdiği harmoniklen emer. Kondansatör süzgeç devreleri, daha ziyade tarife ve teknik nedenlerle konmuşlardır.

Şekil 1'deki sahaya göre örneğin $\cos \phi = 0,90$ dan $\cos \phi = 0,95$ 'e yükseltilmesi halinde aktif gücün % 16'sı kadar bir kondansatör gücüne ihtiyaç gösterir.

Şekil 2'de, düşük güç faktörlerinden dolayı transformatörlerin, enerji iletim hatları v.s.'nin, ne imkatar büyük yapılması gerektiğini gösterir. Eğer, bir tüketicinin, 8 p.f. ile işletmesi hesaplanmış, ise, güç transformatörleri aktif gücün % 125'i oranında tasanlanmah, yıllık kayıp masraftan da eklenmelidir.

Z. KONDANSATÖR SERİLERİNİN DÜZENİ VE KURULMASI

Bir kural olarak, yüksek gerilim kondansatörleri yer düzeyinden küçük ve orta sertler halinde 100 kVAR'dan yaklaşık 1800 kVAR'a kadar düzenlenirler. Bazen özel koşullar, kuruluş yerinin durumu, işletme koşulları açık (sahra) ve kapalı bir biçimde kurulmayı gerektirebilir. Sehpa üzerinde inşa etmek daha yararlıdır. Bu, geniş esneklik ve ilerdeki genişletmeye, sahayı büyütmeden olanak sağlar. Sehpa • üzerinde inşa etme 2,4 kV'tan en yüksek gerilimlere kadar gayet ekonomiktir. Bu yerleştirme biçiminde sehpa birbiri üzerine yerleştirirler. Bir çok ülkede bu şekil kullanılmaktadır. Sadece güç kondansatörleri değil,, süzgeç devresi ve seri kondansatör dizileri de gekilde yerleştirilmektedir.

iki şekil sehpa vardır :

a. Standard sehpa: Bunlarda kondansatörler dikine yerleştirirler. Kararlılık nedenleri ile (ağırlık, rüzgâr basıncı) bir sehpa üzerine üç kat kafesten fazlası konulmamalıdır.

b. Düz sehpa: Bunlarda, kondansatör ünitesi yatay yerleştirilmiştir. Beş altı sehpa bir birine konulabilir. Serinin ölçülerine, gerilime ve toplam kapasiteyi parçalarına ayırmaya göre 40°C lik ısı sınıfı için tek fazlı kondansatör sınıfları uygulanabilir. Bu üniteler 100, .75, 50 kVAR değerlerindedir.

S. DEVRE KESİCİSİ

Bir sınırlandırma olmadan çalışmalıdır, işletme hızları işletmeciyeye Jbağh olmamalıdır. Kesici kondansatörler için uygun olmalı, temas kontaklarının malzemesi yüksek ergime derecesine sahip bulunmalı ve çalışma adedi sayısına sahip olmalıdır. Kesiciyi kondansatör ve sistem kısa devre gücüne göre seçmek yeterli değildir. Grup veya bölümlerin girip çıkılmalındaki paralellene meydana gelmesinde geçici durumların saptanması gerekir.

Geçici salınmaların doğal frekansı,

$$f = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{V \cdot 2L}} ;$$

C = Devreye seri olarak bağlanan iki kondansatörün toplam kapasitesi.

L= Hattın indüktansı veya şebeke kısımları arasındaki indüktansın toplamı. Kayıpları göz önüne almaksızın doğal frekans,

$$V =$$

ve geçici akımın maksimum değeri :

$$i = \dot{u}$$

özellikle orta derecedeki ve 600 kVAR'dan yukarı büyüklükteki serilerde, bir kısım kondansatör devrelerinin paralel kesicileri için şönt direnç gereklidir. Bu, kondansatörlerdeki gerilmeleri azaltır ve şebeke reaksiyonlarını önler. Şekil 3 a ve b'de, i akımların en büyük yapan seri kondansatör oranlarıyla, aynı ölçüde

kA									
100									
20	10								
5									
V 21									
	0,1	Q2	0,5	1	2	5	10	20	50 100 Mvr

(b)

kA									
100									
20									
10									
5									
2									
1									
0,5									
0,2									
0,1									
0,05									
0,02									
0,01									
0,005									
0,002									
0,001									
0,0005									
0,0002									
0,0001									

(a)

Şekil 3 : a. Atamın en büyük değerleri : Kondansatör açma güçleri cinsinden = seriler arasındaki bağlantı uzunluğu.

b. Seriler arasındaki bağlantıların uzunluğu cinsinden $\frac{1}{\sqrt{LC}}$ en büyük değerleri.

paralel bağlanacak kondansatör serisi ve (iletken) boyu x (kondansatör/kondansatör) parametresi cinsinden gösterilmiştir. Devrede akım sınırlayıcı reaktörler yoktur. Şekiller, P. Baitensberger'in araştırmalarından alınmıştır, iki paralel kondansatör devresi arasındaki anabara iletkenleri meydana gelen akımları önler. 10 kV'ta anabara için her metrede $1^{\wedge}H$ ve kablolar için her üç metrede $1^{\wedge}H$ olarak alınabilir.

4. AKIM SINIRLAYICI REAKTANSLAR

Geniş bir sahaya yayılmış olan kondansatör gruplarının sınıflandırılması . nadiren pratik bir işlem olur. Bu yüzden genellikle reaktanslar dahil edilir. Bunlar kondansatör serilerinin paralel bağlanmasında uygulanan devre kesicilerinin, yüksek frekans geçici akımının mümkün maksimum değerini veya maksimum akım yükselmesini aştığı zaman gereklidirler.

V3

$$c_{i, \max} = \frac{V2U}{V3L}$$

10, 20 ve 30 kV için, devre kesicilerinin karşılık değerleri değişiktir.

Değişik gerilimlerde S. için gerekli indüktans, Şekil 4a'dan bulunabilir. Şekil 4b'dende söz konusu indüktansın ve makul ölçülü serinin mümkün maksimum, i'yi geçmediği kanıtlanabilir.

Reaktörlerin değişik görevleri vardır :

Sönümleme reaktörler, özellikle kondansatör kesicileri paralel bağlandığı zaman doğal frekansı ve böylece akımın yükselme hızını düşürmede kullanılır.

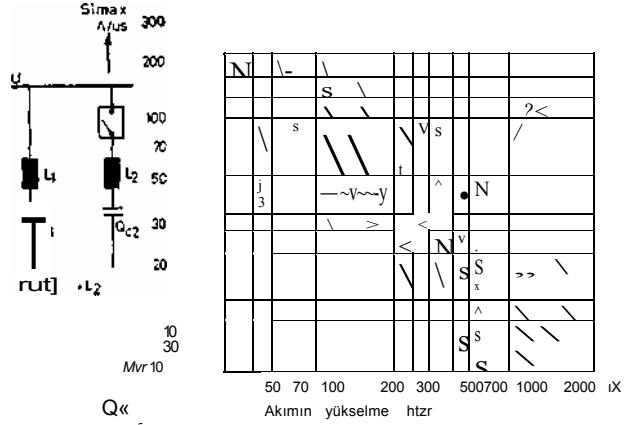
Bastıncı reaktörler harmoniği reaktörlerden uzakta tutarlar. Bunun için, reaktör ve kondansatör devreleri frekansı en düşük harmoniğin altına akort edilmelidir (Bir kural olarak 225 - 250 Hz'in altına).

Bu koşul sağlanınca, reaktörün reaktansı kondansatörün % 5-6'sıdır. Reaktör, kondansatör gücünün yaklaşık % 5-6'sını emer ve kondansatör geriliminin yükseltilmesine neden olur. Süzgeç devreli reaktörler o şekilde ölçülandırılmıştır ki, seri bağlı reaktör ve kondansatörü içeren süzgeç devresinin asıl harmoniğe karşı empedansı çok düşüktür.

$$X_L (\% \text{ olarak}) = \frac{122}{v^2}$$

denklemden reaktörün X_L reaktansı, X_L 'nin % değeri olarak hesaplanabilir (v = süzgeç devresi harmonik sayısı).

Elektrik Mühendisliği 192



(a)

°C

v>

0.7

as

0.3,

20 30 50 70 100 200 300 500 700 1000 uH

0.2'

$$\text{Akım kaynağı } Q_c = \frac{Q_{c1} \times Q_{c2}}{Q_{c1} + Q_{c2}}$$

(b)

Seldi 4* Seriler arasındaki $L = L_1 + 1^{\wedge}$ indüktansı ile paralel bağlanmış iki kondansatör serisinin akım kaynağı ve altım yükselme \cdot 'hm diyagramı.

Böylece çeşitli süzgeç devre reaktörleri için aşağıdaki değerler elde edilir :

5. harmonik

7. » 11. $X_{L5} = X_c$ 'nin %

» 13. > 4'ü $X_{L7} = X_c$ 'nin %

2,041'i

$X_{L11} = X_c$ 'nin % 0,826'sı

$X_{L13} = X_c$ 'nin % 0,592'si

5. KORUYUCU DONANIM

Sigortalar: Yüksek g.s.rilimli üniteler, 1700 volta kadar olan gerilimler için çok sayı da elemanları içerirler. Daha yüksek gerilimli eleman grupları seri bağlanmışlardır.

Bir eleman, özel kağıdın 5-8 tabakasını dielektrik olarak ve alüminyum levhalarını elektrod olarak içerir. Hazır bağlı (ready-connected) eleman gurupları çelik levha kasalara konmuştur. Kurutma ve havanın boşaltılmasından sonra CLOPHEN (triclordiphenyl) doldurularak kasa kaynaklanır.

Dolayısıyla üst üste konan elemanlar, bozulması mümkün ve elektrik alanından doğan yüksek gerilime neden olan, yüksek nitelikli kağıtlarda bile iletken parçalar ve gözenekler vardır. Held'in verdiği bilgiye göre, yılda 10.000-20.000 elemandan bir tanesi bozulmaktadır.

Sigorta elemansız bir kondansatörde bir elemanın bozulması bütün eleman guruplarının bozulmasına veya kısa devresine neden olmaktadır. Bu dağınık arızalar nedeniyle sağlam elemanların bozulmasını ve hatta tahrip olmasını önlemek için, kondansatör devrelerinde koruyucu aygıtlar kullanılır. Bunlar motorların ve transformatörlerin güç faktörlerini düzenlemede kullanılan kondansatörler için zorunludur. Çünkü bu durumlarda güvenilir koruyucu donanım yoktur.

Bozuk elemanı devreden çıkaran devre sigortalarının en etkili korumayı sağladığı görülmüştür. Bozuk bir elemanla paralel bağlı sağlam elemandaki yük akımı, yüksek kısa devre akımı nedeniyle saniyeden az bir süre içinde bozuk elemanın sigortasının erimesine neden olmaktadır.

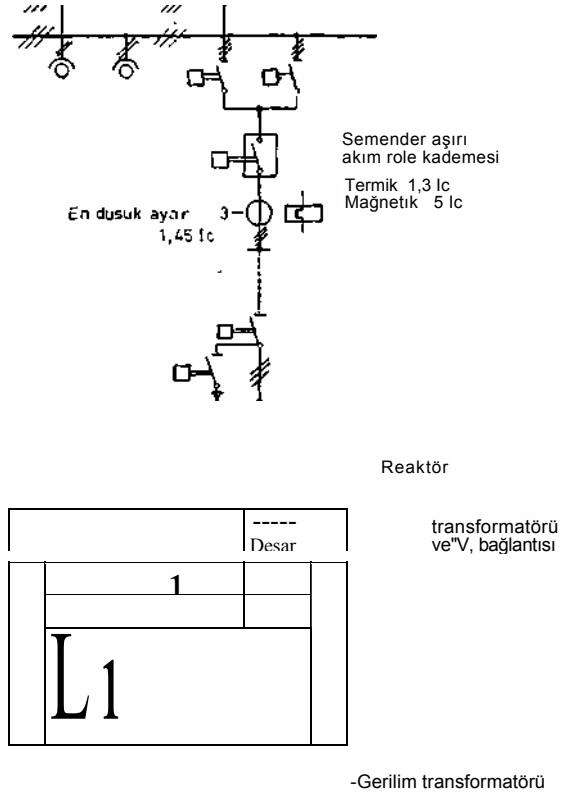
Bazı ülkelerde harici sigortaların (expulsion-tipi) tüplüsü tercih edilir. Harici tipin en çok kullanılanlarında alüminyum veya pirinç bir bağlık vardır. Bir tarafı açık ve fenol emdirilmiş tabakalı kağıt yerleştirilen seramik tüp, bir sigorta elemanı ve sigortanın çalıştığını belirten uyarma yayı vardır.

Buna rağmen bu sigorta, dahili tip eleman sigortaları yerine kullanılmaz. Onun tek işi kasa yanmadan, hatalı kondansatör elemanının bir kutbunu devreden çıkarmaktır.

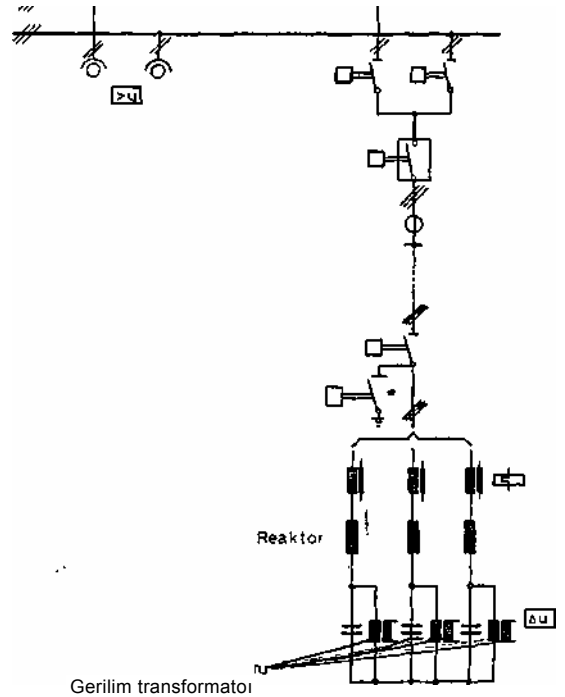
Eğer expulsion-tüpünün sigorta karakteristiği orta hızda ise ve eleman akımı kapasitör akımının 1,5 katından büyük olacak şekilde seçilme durumunda ise, akım oranı anma akımının 2-4 katı olmadıkça, sigorta çalışmaz. Aralıklı devre kesintileri sadece kondansatörler iki veya üç eleman gurupları durumunda seri bağlı olduğu zaman meydana gelebilir.

6. DENGESİZ DURUMLARDA KORUMA

Şekil 5a'daki ana devre diyagramından görülebileceği gibi tek fazlı kondansatörler çift-yıldız bağlantıda¹ iki tane üç-faz gurubuna bağlanmıştır, iki yıldız noktası birbirine gerilimi transfor-



(a)



(b)

Şekil 5.
a. Çift - yıldız bağlantı.
b. Dengesiz faz koruması.

matörleri boyunca bağlanmıştır. Transformatörün sekonder sargısına özel duyarlı röle bağlanmıştır.

Kondansatör ünitelerinde bir arıza olunca yıldız noktası gerilimi değişir ve serinin sağlam ve hatalı yıldız noktaları arasında bir gerilim meydana gelir Böylece gerilim transformatörünün rölesi tarafından -bir sinyal verilir veya eşitsizlik büyükse kesici açar, aygıt devre dışı olur.

Kapasitör serisi iki kısma bölünemezse Şekil Sb'deki ana devre diyagramındaki gibi bir faz mukayese şeması uyarlanmalıdır. Üç gerilim transformatörü kondansatörlerin deşerj ve denge dışı korunmasında kullanılır. Koruma röleleri transformatörün sekonder devresine açık üçgen olacak şekilde bağlanmıştır. Başka tip bağlantı şekilleri de koruma devreleri için kullanılabilir. 45 kV ve daha yukarı gerilimli şebekeler için akım transformatörleri ve akım rölelerinin yıldız noktasını dengeli yapmak daha ekonomiktir. Çünkü bu devrelerde monofaze transformatör kullanışlı değildir.

örnek 1: Dahili eleman sigortası olmayan kondansatör serisi: 22 kV, 50 Hz, 6,0 MVA, çift-yıldız bağlantılı (yıldız noktası denge dışı korumalı). 60 ünite, 6,36 kV, 100 kVA, yani her yarım faz için 10 ünite :

h = her yarım faz için seri bağlı 12 ünite. q = her yarım faz için seri bağlı 5 ünite. n = seri bağlı her ünite için 4 eleman gurubu.

$$Q = \text{Arızalı yarım fazın} \frac{1}{A\check{C}}$$

$$a = h [g (n - 1) - 1] = 2 [5 (4 - 1) + 1] = 32$$

U₁ arızalı, U₂ sağlamların yarım faz gerilimi olduğuna göre,

$$AU = \frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{3a-2} = \frac{1}{3 \times 32 - 2} = \frac{1}{94} = 0,0106$$

Bir eleman gurubu kısa devre olursa AU = % 1,06 olur. Eğer dengesizlik j < % 0,2 ise denge dışı ayar aygıtı yerleştirilmesi gerekir ve faz-nötrün 1% 0,86'sını aşmalıdır.

örnek 2: Dahili eleman sigortası olmayan kapasitör serisi: 22 kV, 50 Hz, 6,0 MVA, tek yıldız bağlantı. 60 ünite, 6,35 kV, 100 kVA yani her faz için 20 ünite.

h = her faz için seri bağlı 2 ünite.

g = her faz için paralel bağlı 10 ünite.

n = Seri bağlı her eleman için 4 eleman gurubu.

$$a = h [g (n - 1) + 1] = 2 [10 (4 - 1) + 1] = 62$$

$$U_1 = 0,0163 \frac{1}{62} = 0,000263$$

Bir eleman gurubu kısa devre olduğu zaman gerilim dengesizliği faz-toprak geriliminin % 1,63'ü kadardır. Bundan dolayı röle ayarı 1,63 - 0,2 = 1,43'den fazla olmamalıdır.

örnek 3: Sehpa bağlı kondansatör serisi, dahili eleman sigortalı, 5,25 kV, 50 Hz, 5,4 MVA, çift - yıldız bağlantılı, yıldız noktası dengesiz korumalı, 72 ünite, 3,03 kV, 75 kVA yani her yarım faza 12 ünite.

h = Her yarım faz için 1 ünite.

g = Her yarım faz için paralel bağlı 12 ünite.

n = Seri bağlı her Üniteye 2 eleman.

w = kondansatör ünitesinin her eleman gurubu için paralel bağlı eleman sayısı.

--- = servise müsaade edilen eleman gurubundaki eleman bağımsızlığı sayısı, yani her eleman gurubunun 1/3'ü kabul edilebilir.

Bu halde dengesizlik,

$$U_1 = \frac{h f g [n (w - 1) + 1]}{3a - 2}$$

$$U_1 = \frac{1 \cdot 12 [2 (3-1) + 1]}{3 \cdot 72 - 2} = 0,0111$$

Dengesizlik gerilimi,

$$U_a - U_b = \frac{3030}{3 \cdot 72 - 2} = \frac{3030}{250} = 12,12 \text{ V}$$

Eğer R 10, 1000 V gerilim transformatörü kullanılırsa

$$\frac{16,9 \times 100}{1000} = 1,69 \text{ V}$$

Eğer gerilim transformatörünün oranı

100

değil de, $\frac{1000}{100}$

ise, dengesizlik 0,2 V değildir,

100

fakat bunun üç katı yani 0,6 Vdur.

Doğal dengesizliğe müsaade edersek, röle ayar kademesi en çok 1,7 -0,6 V olmalıdır.

örnek 4 : Dahili eleman sigortalı kondansatör serisi, 15,75 KV; 50 Hz, 3,6 MVAR, tek-yıldız bağlantılı, faz dengesiz korumalı, 36 ünite, 4,45 kVAR, yani her fazda 12 ünite :

h = Her fazda seri bağlı 2 ünite.

g = Her fazda paralel bağlı 6 ünite.

n = Seri bağlı her üniteye 3 eleman gurubu.

w = Bir kondansatör ünitesinin her eleman gurubunda paralel bağlı eleman sayısı.

w

= Servise müsaade edilen bir eleman gurubundaki bağımsız eleman sayısı.

Böylece dengesizlik,

$$a = h \cdot g \cdot n \cdot w$$

$$= 2 \cdot 6 \cdot 3 \cdot (2 - 1) \cdot 3 = 46$$

ve dengesizlik gerilimi,

$$U_d = \frac{U_z}{a} = \frac{9100}{46} = 195 \text{ V}$$

Devrede R = 20, $\frac{10000}{100}$ oranında bir gerilim

trafosu kullanıldığı sekonder devredeki dengesizlik gerilimi

$$U_d = \frac{195 \cdot 100}{10000}$$

Böylece röle kademe ayar 2,0-0,2 = 1,8 V olarak ayar edilmelidir.

7. KISA DEVRE VB AŞIRI AKIMA KARŞI KORUMA

Bu amaçla devrede kullanılacak koruma aygıtı için, üç akım transformatörü ve bir de ağız akım rölesi gereklidir. Aşırı akım rölesi termik ve manyetik devrelerden meydana gelecek ve ayarlan, 2,5—5A (termik); 15-30 A (Manyetik); 1,3 I_c (termik) ve 5I_c (manyetik) akım kollarında olacaktır.

Bu tip korumalar, ağız yük ve kısa devrelerin yapacağı zararı önlemede kullanılır. 6,3 kV, 50 Hz, 900 kVARTık kapasitör serisinin işletme değerleri, aşırı akım rölesinin karakteristiklerinden okunabilir. Akım transformatörü en az 1,45 I_c=U₉ A (250/5 akım oranında) için tasarlanmalıdır. Bu aygıtların soğukta açma zamanı 50 sn (termik) ile 0,1 sn (manyetik) olmalıdır.

8. GERİLİM ATARI

Servis gerilimi sürekli olarak kondansatör geriliminin % 10 fazlası olabilir. Bu durumun sadece VDE değil, diğer standartlarda da görüldüğü saptanmıştır. Büyük şebekelerde yük atıldığında 1,1 U_c'lik bir gerilim ayarı, ayar kademeleri aracılığıyla yapılması tavsiye olunur. Daha büyük gerilimlerde istenilmeyen işletmeler 0,2 sn'lik zaman gecikmesiyle önlenabilir.

Konsatör kesicisi açıldıktan sonra Kondansatör gerilimi U* kadar bir enerji kazanır.

Bu formül kesicinin açıldığı yerdeki gerilimin ani değerinden çıkarılmıştır. Kapama esnasında aşırı gerilimleri ve kazaları önlemek için deşarj rinelemanları sağlanmalıdır. Kondansatör terminallerinin kısa devre yapması, yüksek deşarj akımı nedeniyle istenmez. Deşarj elemanı olarak, motor, transformatör, doğrudan doğruya kondansatörlere bağlanan dirençler kullanılır.