

Takat Şalterleri

Nihat TATLAN

Y. Müh. GLI

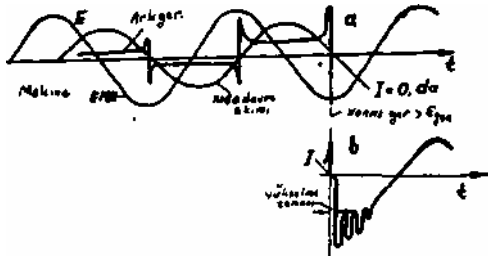
Yük şalterlerinden istenen en mühim özellik büyük akımlarda, yani her türlü kısa devrelerde emniyetle açmasıdır. Tabiidirki şalterin toprağa karşı izolasyonu devamlı akımı geçirmesi, dinamik mukavemeti, endüktif ve kapasitif akımlarda emniyetle çalışmasında konstrüksiyonuna ve yapısına büyük tesiri olursada, asıl nazan itibara alınan büyük akımlardır.

Burada en büyük ehemmiyet kesbeden büyük endüktif akımların açılmasıdır; zira akımın sıfırdan geçiş yani açma anında gerilim maksimum değerindedir. Prensib olarak alternatif endüktif akımların açılmasında iki yol vardır. Birincisi için idealize edilmiş dirençli şalterler düşünülürki, bu akım devresine sokulan direnç vasıtası ile kesilen akım sıfır değere indirilir. İkinci olarak açma esnasında akımın normal sıfırdan geçiş anından istifade eden şalterler kullanılır. Teknik şalter sahasında bir çok avantajlarından dolayı haklı olarak ikinci yolda ilerlemeyi tercih etmiştir.

Bir Fazlı Açma:

Açma esnasındaki olaylara tam nüfuz edebilmek için önce basit bir izah yapalım.

Bir generatör bir şalter üzerinden, üzerinde bir kısa devre vuku bulmuş bir havai hattı beslesin.



Şekli: I

'şekil: (1a) de görüldüğü gibi şalterin açılması esnasında gerilim ark gerilimine eşittir. Bu gerilim akımın küçülmesi ve kontaklar arası mesafenin büyümesi ile artar. Akım her sıfır konumundan geçişinden sonra ark yeniden teşekkül ettiğinden, ark gerilimi, büyüyen kontak mesafesi ile artar nihayet ark gerilimi makinenin geriliminden büyük olur.

Şekil 1 b de bu gerilimin, alamin hemen sıfırdan geçişinden sonra vukua geldiği gösteriliyor. Bu fiziksel olarak mümkün değildir, zira şebekenin indüktüvite ve kapasitesinin mevzubahis olması kontaklardaki akımın sıfırdan geçişinden sonraki gerilimi ani olarak tam değerine yükseltmez. Gerilim bir titreşim rejiminden sonra nihai değerini alır. Bu titreşimin (şekil 1 b) frekansı 50000 Hz'e kadar çıkabilir. Bu titreşim frekansı devrenin zati frekansı adını alır. O halde geri dönen gerilim iki büyüklükte karakterize edilebilir. Birincisi, stasyonere geri dönen gerilim değeri, ikincisi ise zati frekans titreşim seyri ile sönen gerilim değeridir.

Şimdi bir kutuplu açmayı daha detaylı şekilde inceleyelim.

Şekil 1 de G generatörü sabit L indüktivitesini havi kısa devre akımı i olan bir şebekeyi $u = U \sin wt$ gerilimi ile beslesin. Bu r ada kısa devre akımını istenilen bir t anında- S şalteri ile kesmek imkânsızdır. Akımın kesildiği andaki değeri is olsun; bu halde akımın sabit olmayan değişmesi yüzünden şalterde sonsuz olarak büyüeyebilen bir gerilim husule gelebilir. (Şekil 2 de 1 rakamı ile gösterilen eğri). Bu gerilim bir atlama husule getirerek ya şebekenin izolasyonunu tahrir veya şebekenin zati C kapasitesinin amortisesi ile bu sonsuz büyüme daha küçük değerlere indirilerek (Şekil 2 de 2 numaralı eğriD emniyetli bir açma temin edilir. Gerilim \hat{u} değerine kadar yükselerek kapasitede depo edilen $\frac{1}{2} C u^2$ enerjisi, endüktivitenin havi ol-

duğu $\frac{1}{2} L i^2$ enerjisine açma anında eşit

olur.

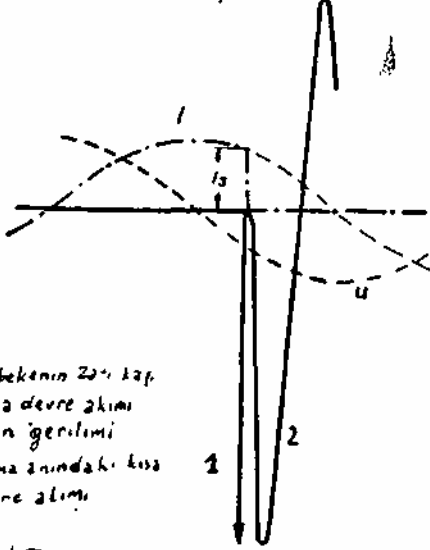
L ve C nin teşkil ettiği kapalı frekans devresinin zati titreşimi

$$W e = \frac{1}{Z_n} f e$$

olduğuna göre.

$$\hat{u} = \hat{I}_s w L$$

L indüktivitesinde \hat{I}_s efektif değerini



C Sebekenin Zorlu kaf.
i kısa devre akımı
u gen gerilimi
to açma anındaki kısa devre akımı

Şekil-II müzayyen bir anda akım - Jov<<<S'

meydana getiren gerilim U_k ise

$$\hat{u} = U_k \frac{f_e}{\dots}$$

Meselâ: 110 kV. luk bir fazlı şebekede 10 kA lik bir kısa devre akımı olsun, açma anındaki akım değeri de 10 KA olsun, o halde $U_k = 110$ kV olur ve $f_e = 1000$ Hz kabul edilirse aşım gerilim:

$$\hat{u} = 110 \cdot 1000 = 2200 \text{ kV.}$$

50

Bu gerilim kontakların açmasından 0,5 mS sonra zuhur eder.

Bundan anlaşılıyor ki açma anındaki akım değeri ne kadar küçük olursa şalter açması o kadar kolay olur. En uygun açma anının akımın sıfırdan geçtiği an olduğu pek tabidir. Bu anda endüktivitenin enerji ihtivası sıfır olur ve kapasitede gerilime tesir etmez ve şalter kontakları arasında tesiri' olmaz. Bununla beraber bu gerilim tamamen kaybolmaz; şalter açıldıktan hemen sonra generatör gerilimi gözükür. Daha evvelde söylendiği gibi bir kısa devrede endüktivite omik dirence nazaran çok büyükse gerilim akıma nazaran 90° kaymış olur. Bundan dolayı generatör gerilimi akımın sıfırdan geçiş anında \hat{u} maksimum değerini alır. Gerçi kapasite bu gerilimin kon-

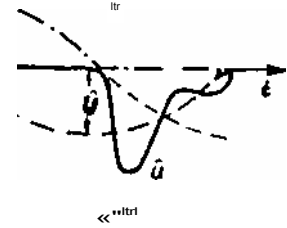
taklar arasında ani olarak görünmesine mani olur. Fakat bu yüzden gerilim zati frekansla \hat{u} maksimum generatör gerilimi değerinden \hat{u} en büyük değer arasında titreşir (Şekil 3)

Bu \hat{u} değerinin teorik olarak $2 U$ değerine çıkması lazımken amortisörler vasıtasıyla bu değer altına düşürülür. $1,5 U$ değerini nadiren geçer.

Üç Fazlı Devrede Kısa Devre Açması

Yıldız noktasının topraklanma şekline ve kısa devre noktasının yerine göre üç fazlı şebekelerde açma problemi daha komplike hal gösterir.

Burada üç fazın bir tanesi daima daha evvel açar; yani akımın uygun bir sıfırdan geçiş pozisyonuna daha evvel erişir. Bu suretle üç fazlı kısa devre iki fazlıya inkilab eder. Akım ve gerilim seyri şekil 4 de gösterilmiştir. Buradan görülüyorki 3 fazlıdan 2 fazlı kısa devreye geçiş esnasında kısa devre noktasının potansiyeli değişiyor. Üç fazlıda simetriden dolayı yıldız noktasının potansiyeli K iken, iki fazlı kısa devre durumunda K' üne kayar. Buradanda görülüyorki ilk açan kutbun faz gerilimi, şebeke faz geriliminin $1,5$ misline yükselir.



iMi»

dtfirt i kil» l

O hald*e kısa devrenin açılmasından sonra ilk açan kutupta şebeke frekansında $1/V \cdot 3 U$. $1,5 \leq 0,86 U$

Gerilimi teşekkül eder. Sonra bu gerilim üzerine birde titreşim gerilimi yüklenir.

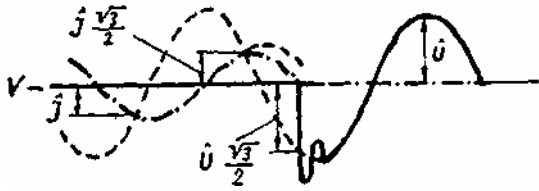
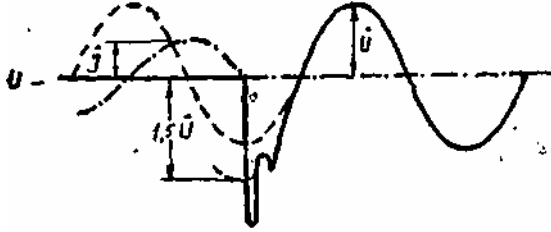
Ark

En uygun şartların akımın sıfırdan geçiş anı olduğu görüldü. Bunun için kısa devre akımını beklenen bir sıfırdan geçiş anında yakalamak ve bu tesbit edilen zamanda kontakların açmasını temin etmek lâzımdır. Ve bu açma o şekilde olmalıdır ki kontaklar açtıktan milisaniyenin bir kesri kadar sonra zuhur eden \hat{u} gerilimin bir atlamaya meydan vermemesi gerekir. Sadece mekanik bir açma mevzu bahis olursa, bu yukarıda söylediğimiz

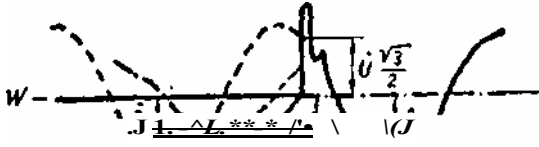
şartların tahakkuku tekniğin iktidan haricine çıkmaktadır. Fakat görülüyorki teşekkül eden ark'ın bir hassası bu güç durumda tekniğe kurtarıcı rolünü oynuyor. Muayyen bir zaman anında kontakların açması ile bir ark teşekkül

$$\frac{111}{r}$$

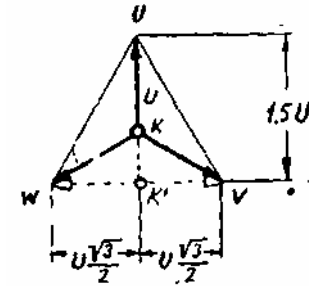
ettiğini biliyoruz. Bu ark akımın uygun bir sıfırdan geçiş anına kadar devam ediyor sonra



sönüyor. O halde şalter, atom bu ana kadar yani mili



3 fazlı kısa devre gerilim yıldızı ilk aşan kutup



üç fazlı kısa devrede gerilim yıldızı saniyenin bir kesri için-

de kontaklar arası mesafesini bir iletken haline sokmasından faydalanarak açılmış sayılmaz. Dolayısıyla akımın sıfır anından itibaren asü açma başlamıştır. Böylece şalter bu ark yardımı ile açma senkronizim şartlarını tahakkuk ettirmiş olur.

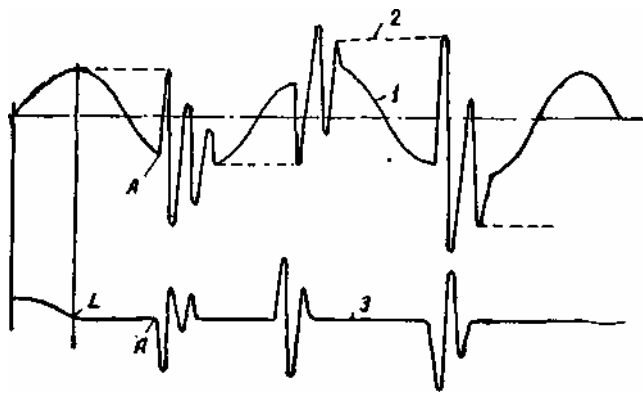
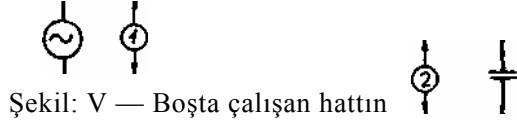
Arkın bu avantajı yanında tabiidirki bir takım dezavantajlarda vardır. Şalter bu dezavantajlara tahammül edecek şekilde imal edilmelidir. Bundan dolayı açma akımının meydana getirdiği ark şalter konstrüksiyonu ve büyüklüğü için bir ölçek teşkil eder. Arkın dezavantajları: Yüksek kayıplar ve civarında husule getirdiği aşırı ısıdır. Şalterin muayyen kısımlarının arkın devamı esnasında bu ısıdan korunması lazımdır. Ve arkın sönmekten sonra bu ısının sür-atle düşmesi lâzımdır. İşte yüksek takatli şalter konstrüksiyonunda en mühim güçlük bu iki olayın bertaraf edilmesidir.

Ark ve onun aşın ısının kontaklar arasındaki hava kanalını iyonize ettiğini biliyoruz. Burada sönmüş olan arkın geri dönen gerilim vasıtası ile iyonize kanaldan istifade ederek tekrar teessüs etmesini önlemek maksadı ile iyonize kanalı deiyonize etmek ve aynı zamanda akım geçişi esnasında arkı üfleme* veya saptırmak lâzımdır. Üfleme, iyon-Srı soğutarak tekrar notür moleküller elde etmek içindir. Yağlı, tazyikli havalı şuta ve az yağlı şalterler bu prensiplere göre inşaa edilirler.

U şebekenin toprak kaçağına karşı konpanse edilip edilmemiş olmasında şalter seçiminde rol oynar. Nötür noktası konpanse bobini (Petersan bobini) ile teşhiz edilmiş şebekelerde; toprak kaçağı ile birlikte üç adı kısa devre vukuunda kontaklardaki genlun yükseltmem; nötür noktası direkt (direnc*) olarak topraklanan şebekelere nazaran % 20 fazladır. Boşta çalışan yüksek gerilim şebekelerinde şalter kontakları, direkt topraklan-S na^nde iki misli faz (Yıldız) gerilimine göre hesaplanmalıdır.

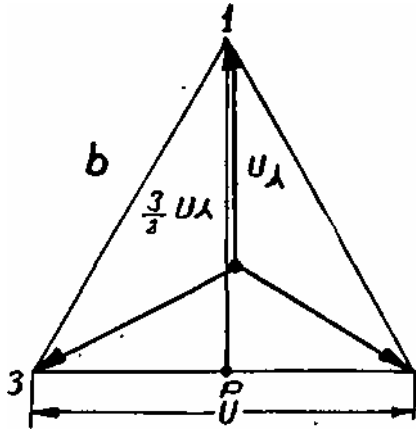
Kapasitif Akımlarda Açma: Kapasitif açmalarda, yani boşta çalkan uzun hatların veya reaktif akım kondansatör bataryalarına açmalarında gerilim, akımdan 90° ileri (Şekil: 5), olduğundan gene akım sıfır durumundan geçerken gerilim maksimum değerindedir.

Bu esnada kondansatör doludur, TC sabit C gerilimini muhafaza eder. Şekil 5 de görüldüğü gibi makinenin gerilimi a ve akım b idi. Artık kontaklar arasında hüküm süren geri-



açılması.

lim a ile c gerilimleri differensidir. Yarım peryot sonra bu differens gerilim A gerilimi-



3-3

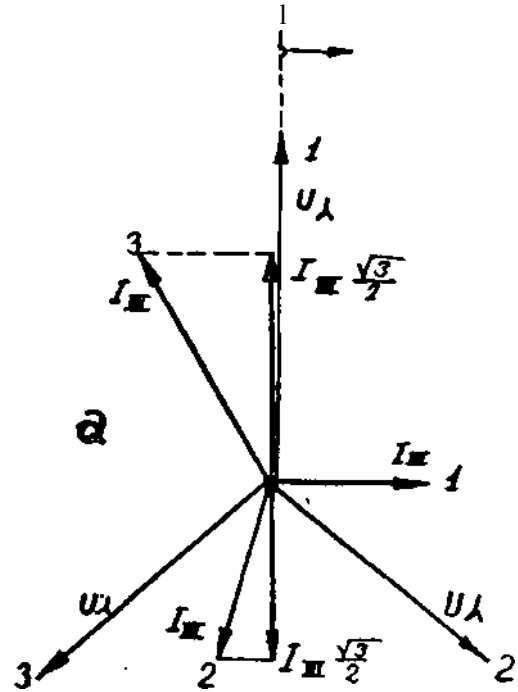
- Şekil: VI — Kısa devrede açma diyagramı
- Akımın sıfırdan geçiş anında gerilim ve akım diyagramı (I fazında).
 - Gerilim diyagramı.
 - Kutbunun açmasından sonraki gerilim ve akım.

nin (Topraklı şebekede fazlarası topraksızda faznötür) maksimum değerinin iki misline yükselir.

Kapazitif yükleri açan bir şalter ilk yarım peryot içinde bu iki misli gerilime, yeni bir ark yanması meydana getirmeksizin mukavemet etmesi lazım geldiğine daha evvelde temas etmiştik.

Eğer geri yanma zuhur ederse (Meselâ şekilde A noktasında) ve bu, akımın uygun bir sıfırdan geçiş anında açılarak bertaraf edilmezse, iletken potansiyelindeki titreşim gittikçe büyüyerek tehlikeli bir hal alır. Bu sebepten yüksek gerilim şebekelerinde boş hatların açılması ehemmiyet kespeder.

Kapazitif yüklerde şalter kapanmasında işletme mühendisleri için bir problem teşkil eder. Meselâ boşta çalışan uzun bir hattın doğrudan doğruya makineye bağlanması halinde, aşırı bir gerilim yükselmesine mani olmak için, şalter kapanırken makine gerilimi



ve devri alçak tutulur. Kapandıktan sonra yavaşça nominal değerlere yükseltilir. Kapasitenin çok yüksek olduğu hallerde bu şekilde iyi bir netice vermez. Bu gibi halde ise Uetkene paralel şelf bobinleri bağlanarak şalter kapatılır. Böylece zati ikazdan kaçınılmış olunur.

Açma Takati:

Bir şalterin uygun olarak seçilmesi açma takatının bilinmesi ile mümkündür. Bu takat geri dönen gerilim ve açma akımı ile hesaplanır.

Üç kutuplu bir kısa devrede akım I III

ve geri dönen gerilim UX olsun zaman eksenini 1 fazında, akım sıfırda ve faz gerilimi maksimum değerinde olacak şekilde alınsın. Bu halde 1 fazında akım söndüğü zaman 2 ve 3 fazında akan akımlar birbirine karşı yönde

(I III) -"----- değerindedirler. Bu esnada gerilimler U ya eşittir.

Artık üç iletkenin potansiyel noktası A'dan U'nun ortası P noktasına kayar, bu şekilde 1 fazındaki şalter kutbunda geri dönen

gerilimin değeri $P I = \frac{3}{2} U X = U \frac{3}{2}$ olur

buna göre 1 fazındaki açma takati:

$$U (I III) \frac{V^3}{2} \text{ olur.}$$

V3

Peryot sonra üzerlerinden I III

4. kısa devre akımı akan 2 ve 3 fazları açar. Bu

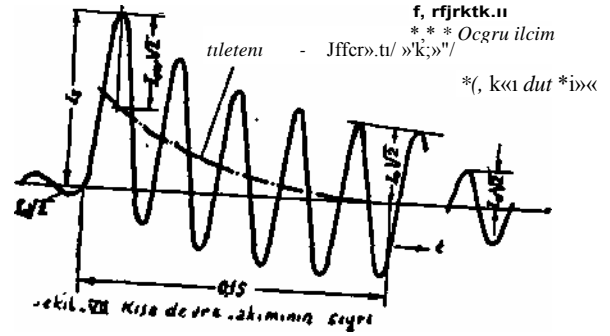
her iki 2 ve 3 fazının birlikte açma takatları $\frac{V^3}{2}$ olur.

$$U I III \frac{V^3}{2} \text{ olur.}$$

o halde şalterin toplam açma takati:

$$N III = U (I III) \frac{V^3}{2} + U (I III) \frac{V^3}{2} =$$

$U (I III) V^3$ Bu esnada ilk açan kutbun açma takatının



yansını üzerine almış olduğu görülüyor.

Amerikada bu sahada daima Asimetrik takati nazan itibara alınır. Bilindiği gibi Asimetri kısa devre akımındaki doğru akım bileşeni sebebi ile zuhur eder. Bu bileşen 0,1 sonra söner. Ve darbe kısa devre • alternatif akımının % 80 nini ihtiva eder. Geri dönen gerilimin nominal gerilime eşit olduğu halde, asimetrik açma takati, simetrik açma takatin $f, + (0,8) V^{2Z} = 1,5$ mislidir.

FAYDALANILAN ESERLER :

Das schalten grosser Ströme - August Hochreiner - AEG 7/8 - 1957. Die grundlegenden Probleme der Hochspannungsschalter - Dr. H Meyer - Brown Boveri - 4/5 - 1950. 25 Jahre Expansjonsschalter - Max Katzschner - Siemens - 2 - 1955. Leistungsschalter und nullpunkterdung - H. T. hommen - Brown Boveri 7/8 1948. Elektrische Kraftwerke und Netze - Th. Buchold/ H Happold - Sprmger verlag AEG Firmasının Yüksek Gerilim Enstitüsünün açılması münasebeti ile yayınladığı eserler.

Hidroelektrik gruplarının ekonomik "PD²" sinin tayini

Çevirenler : Hüseyin Pekin - T. Müh. E. İ. E.
Haydar Aksu - T. Müh. E. t E.

I — Gurup'un karakteristikleri ve PD¹. si arasındaki bağıntılar: Reel PD² nin fiyat üzerine tesiri :

Dönen bir gurubun ataleti ekseriya PD² ile yani dönen kısımların ağırlıkları ile jirasyon yarı çapının karesinin hasilı zarbı yardımıyla temsil edilir. Bu halde birim olarak kg. m² veya ton. m² kullanılır.

Hakikatte, bir stabilite probleminin etüdünde (hız regülâtörünün stabilitesi, senkron makinenin dinamik stabilitesi) makinenin hareket denklemi yazılırken, bu denkleme dönen kısımların I = MR² atalet momenti ithâl edilmelidir. Burada M kütleyi ve R de jiras-

yon yarı çapını gösterir. Umumiyetle makineyi «özgül atalet» veya «yol alma zamanı» ile temsil etmek çok pratiktir.

özgül atalet, tarif olarak, dönen kısımların nominal- hızdaki kinetik enerjisinin iki katının, makinenin aktif takatına bölümüne eşittir.

$$T \leq \frac{1 n^1}{P_n}$$

Kolayca tahkik olunabileceği gibi bu makinenin nominal momentde, duruştan nominal hıza geçebilirjesi için boşta, gurubun kat etmesi gereken zaman süresini gösterir. Bu