

ALTERNATÖRLERİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Alternatörler kendisine verilen mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren bir elektrik makinesidir. Mıknatıs alan içerisinde dönen bir iletkende endüksiyon yolu ile bir EMK oluşması prensibine göre çalışır. Büyük güçlü alternatörlerde kutuplar hareketli, endüvi ise sabittir. Döner kutuplardaki sargıların bir mıknatıs alanı oluşturması için bu sargılara fırça ve bilezikler yardımı ile doğru akım uygulanır. Böylece endüvi sargılarında endüksiyon yolu ile bir EMK oluşması sağlanır. Endüvide oluşan bu EMK fırça ve bileziklere gerek kalmadan doğrudan doğruya dış devreye alınır.

ALTERNATÖRLERDE ENDÜKLENEN EMK. YA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Sabit bir magnetik alan içerisinde hareket eden bir iletkende endüklenen gerilimin etkin değeri,

$$E = 2.22 * \phi * f * 10^{-8} \text{ (Volt) formülü ile bulunur.}$$

Bu formülde

ϕ : Bir kutup çiftinin magnetik akısı (Maxwell)

f : Frekans (Hz)

$$f = 2p * n * /120 \text{ (Hz) dir.}$$

2p : Kutup sayısı,

n : Devir sayısı (Dev/dk),

Bir iletken yerine (Z) kadar iletken varsa formül,

$$E = 4.44 * \phi * f * Z * 10^{-8} \text{ (V) olur.}$$

İletken sayısı yerine spir sayısı (N) kullanılırsa, formül,

$E = 4.44 * \phi * N * 10^{-8} \text{ (V)}$ şekline girer. Çünkü iletken bir spir olarak düşünülmüştür.

ENDÜKLENEN EMK'NİN HESABI

Kısa adımlı olarak sarılan dağıtılmış bobinli bir alternatörün emk. $T_{i,x}$

$$E = 2.22 * f * \phi * Z * K_a * K_d * 10^{-8} \text{ (V)}$$

formülü ile bulunur. Daha önceki açıklamalarda endüklenen EMK formülünde K_a ve K_d bulunmaktaydı. Ancak bobin kısa adımlı ve dağıtılmış şekilde sarılmışsa formül K_a ve K_d gibi birden küçük katsayılarla çarpılmalıdır.

K_a ve K_d için cetveller hazırlanmış olup, hesaplamak yerine bu cetvellerden faydalanılabilir. Bu cetveller hem 1 fazlı hem de 3 fazlı alternatörler için düzenlenmektedir. Aşağıdaki tabloda 1 ~ ve 3 ~ alternatörlerin çeşitli dağıtım katsayıları verilmektedir.

Kutup Başına Oluk Sayısı(c)	1 ~ Alternatör	3 ~ Alternatör
1	1	1
2	0.707	0.966
3	0.667	0.960
4	0.653	0.958

KONU İLE İLGİLİ ÖRNEK PROBLEMLER VE ÇÖZÜMLERİ

Örnek 1) 72 oluklu 6 kutuplu 3 fazlı bir alternatörün endüvi sargıları (1-10) adımlı olarak sarılmıştır. Bu sarım şeklinde adım ve dağıtım katsayılarını bulunuz.

Çözüm 1) Bu bobin tam adımlı sarılsaydı, bobin adımı kutup adımına eşit olurdu. Buna göre

$$\text{bobin adımı, } Y_b = \frac{x}{2P} = \frac{72}{6} = 12 \text{ Olur.}$$

Bobinin bir kenarı birinci olukta iken öbür kenarı 13. olukta bulunur. Halbuki adım kısaltılmış ve bobinin bir kenarı 1. olukta iken öbür kenarı 10. oluğa konulmuştur. Kısaltılmış oluk sayısı 3 tür. Çünkü tam adımlı kargıda 12 oluk, kısa adımlı sargıda 9 oluk kullanılmıştır.

$$\text{Buna göre } A = \frac{9}{12} = \frac{3}{4} \text{ dir. } K_a = \text{Cos } [90(1-a)] \text{ dan}$$

$$K_1 = \text{Cos } 90 (1-3/4); K_a = \text{Cos } 22,5^0; K_a = 0,9238$$

Bu örneği bir başka şekilde çözelim: kısaltma açısı β , kısaltılan oluk sayısı ile oluklar arasındaki elektriki açının çarpımına eşittir. N ve S kutupları arasında 12 oluk bulunduğu göre, iki oluk arasında $\beta = 180/12 = 15^0$ lik elektrikselsel açı vardır. Kısaltılan oluk sayısı

$$\beta = 3,15 = 45^0 \text{ olur.}$$

$$\text{Adım katsayısı. } K_a = \text{Cos } \beta/2 = \text{Cos } 45/2 = \text{Cos } 22,5^0$$

$$K_a = 0,9238 \text{ olarak bulunur.}$$

Dağıtım katsayısı (K_d) nin bulunması için önce (C) yi bulalım.

$$C = X/2p \cdot m = 72/6 \cdot 3 = 4 \text{ olarak bulunur.}$$

$$K_d = \frac{\text{Sin}4 \frac{15}{2}}{4 \text{Sin} \frac{15}{2}} = \frac{\text{Sin}30}{4 \text{Sin}7,5} = \frac{0,5}{4 \cdot 0,1305} = \frac{0,5}{0,5221}$$

$$K_d = 0,9576 \text{ olarak bulunur.}$$

Örnek 2) 96 oluklu 4 kutuplu dakikada 1500 devirli 3 fazlı bir alternatörün her oluğunda 40 iletken bulunmaktadır. Kutup başına magnetik akı $\Phi = 3,10^6$ maxwel'dir. sargı adımı (1-20) (19 oluk) tur. Bu alternatörde endüklenen faz EMK tını bulunuz.

Çözüm 2) Endüklenen EMK tını veren formül;

$$E = 2,22 \cdot f \cdot \Phi \cdot Z \cdot K_a \cdot K_d \cdot 10^{-8} \text{ (V)}$$

Olarak verilmişti. Bu formülde Z bir fazın seri bağlı iletgen sayısıdır.

$$Z = 96/3 \cdot 40 = 1280$$

İletgendir. İki iletgen bir siper oluşturduğu için aynı formüllü,

$$E = 4,44 \cdot f \cdot \Phi \cdot Z \cdot K_a \cdot K_d \cdot 10^{-8} \text{ (V)}$$

olarakta yazabileceğimizi daha önce de belirtmiştik.. Buna göre siper sayısı,

$N=96/3 \cdot 40/2= 640$ dır. Bir kutba ait oluk sayısı,
 $96/4=24$ dür.

Tam bobin adımı (1-25) dir. Kısaltılan oluk sayısı $24-19 =5$ dir. Oluk açısı α ise,

$\alpha= 180/24=7,5^0$ dir. Kısaltma açısı,
 $\beta=5*7.5= 37.5$ dir. Buna göre,

$K_a= \cos 37,5/2= \cos 18.75= 0,9469$; $K_a=0,9496$

$C= X/2P.m =96/4*3= 8$ bulunur. $C=8$

$$K_d = \frac{\sin 8 \frac{7,5}{2}}{8 \sin \frac{7,5}{2}} = \frac{\sin 30}{8 \sin 37.5} = \frac{0,5}{0,5232} = 0,9556$$

$F= 2P.n/120= 4. 1500/120 = 50$ Hz; $f= 50$ HZ dir.

$$E=2,22*f*\phi*Z*K_a*K_d *10^{-8} \text{ (V)}$$
$$2,22*50*3*10^6*1280*0,9469*0,9556*10^{-8}$$
$$E= 3856,86 \text{ (V) bulunur.}$$

Veya

$$E= 4,44*50*3*10^6*640*0,9469*0,9556*10^{-8} = 3856,86 \text{ (V)}$$

ENDÜKLENEN GERİLİMİN DURUMU

Alternatörlerde endüklenen gerilimin AA. İle çalışan alıcıların düzgün çalışması ve ölçümlerin kolayca yapılabilmesi için sinüsoidal olması istenir.

Endüklenen gerilimin sinüsoidal olması için başlıca şu düzenlemeler yapılır;

1. Hava aralığındaki magnetik akıyı sinüsoidal yapmak :

Alternatörlerde endüklenen gerilimin dalga şekli tamamen hava aralığındaki magnetik akıya bağlıdır. Endüklenen gerilimin sinüsoidal olması için çıkıntılı kutuplu alternatörlerde kutup yüzeyleri kavisli yapılarak akı dağılışının sinüsoidal olması sağlanır.

2. Endüvi sargılarını kısa adımlı sarmak:

Endüvi sargıları kısa adımlı sarılarak gerilimin dalgasındaki bazı harmonikler giderilebilir.

3. Endüvi sargılarındaki oluklara dağıtmak :

Bir faza ait bobinler bir kutup altında daha fazla oluğa dağıtılarak sarılan endüvi sargılarında endüklenen gerilim daha düzgün olmaktadır.

4. Yuvarlak rotorlu alternatörlerde rotor sargılarını kademeli sarmak :

Bu yöntemle de düzgün bir sinüs dalgası almak mümkündür.

5. Rotor yüzeyinin 2/3 ünü kullanmak:

Yuvarlak (düz) kutuplu alternatörlerde rotor yüzeyinin 1/3 ü boş bırakılarak, sargılar rotorun 2/3 üne sarılır. Böylece endüklenen EMK nın daha sinüsoidal olması sağlanır.

6. Alternatör bağlantısını yıldız yapmak :

Üç fazlı alternatörlerde uç bağlantısı yıldız yapılırsa gerilimdeki bazı harmonikler giderilir.

GENERATÖRLERDE (ALTERNATÖR) GÖRÜLEN BAŞLICA ARIZALAR

Alternatörlerde meydana gelen arızalar şunlardır:

a) İç arızalar

- alternatör fazları arasındaki kısa devreler.
- stator sargısı ile gövde arasındaki kısa devreler.
- rotor sargısı ile gövde arasındaki kısa devreler.
- Spirler arası kısa devreler.
- Herhangi bir sebeple uyartım akımının kalkması durumu.

b) Dış arızalar

- Sistemin yanlış bağlanması sonucu meydana gelen arızalar.
- Yükteki dengesinin bozulması.
- Hatlardaki çeşitli kısa devreler.
- Hatlarda atmosferik veya başka sebeplerle meydana gelen çok yüksek gerilimler.
- Frekansta meydana gelen değişmeler.

ALTERNATÖRLERİN DEVİR ADEDİ

$F=pn/60$ bağıntısının $n=f.60/p$ çıkarılır. Avrupa şebelerinde ve memleketimizde frekans 50 Hz'dir. Şu halde $n_s = 3000/p$ (senkron hız) bulunur.

P çift kutup sayısı tam sayı olduğundan alternatörün senkron hızı kademeli olacaktır:

P	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N _s	3000	1500	1000	750	600	500	428,5	375	333,33

Demek oluyor ki, alternatörleri çevirecek olan motorların hızları yalnız yukarıdaki hızlar olabilir; $2p= 2$ kutuplu alternatöre <<turbo alternatör>>adı verilir. (buhar türbini ile döndürülüyor anlamına gelir. Şu halde buhar türbininin devir adedi dakikada en çok 3000 olabilir; düşük devirli alternatörler genellikle <<hidrolik alternatör>> lerdir. (su türbini ile döndürülüyor anlamına gelir); orta hızlar ise çoğu zaman << diesel motoru>> ile tahrik edilen alternatörler içindir: diesel – elektrojen grubları (1500,1000,.....375d/d gibi). Genel olarak elektrojen grubunun hızı ne kadar düşük olursa ömrü o kadar artar, fakat fiyatı da yükselir.

GENERATÖRLERİN KORUNMASI

Alternatör merkezlerinde uygulanan koruma düzenleri, koruyacakları alternatör, trafo, bara veya hattın kesicisine, mekaniksel veya elektriksel açma yaptıracak şekilde çalışırlar. Röleler ya doğrudan doğruya ana akım devresine bağlanır ya da ana akım devresine bir akım trafosu veya bir gerilim trafosu yardımıyla bağlanır.

Santrallerde alternatörler, enerji iletim ve dağıtım devrelerinde kullanılan transformatörler ve çeşitli devre elemanları aşırı akım, yüksek gerilim, ısınma, toprağa kaçak, salınım ve dengesiz yüklenmelere karşı korunmalıdır.

GENERATÖRÜN KORUMASININ ÖNEMİ

Alternatörler, baralar ve hatlarda çeşitli arızalar olabilir. Bu arızalar, kısa devre, atmosferik olaylar ve çok yüksek gerilimler olabilir. Arızalar sonucunda meydana gelebilecek tahribatları önlemek için OG ve YG tesislerinin korunması önemlidir.

GENERATÖRLERİN PARALEL ÇALIŞMASI

Şebekenin güç ihtiyacını çalışmakta olan alternatörler karşılayamadığı zaman bir alternatörü daha şebekeye paralel olarak bağlamak gerekir. Bu eylemi yaparken nelere dikkat etmeliyiz?

Bir alternatörü paralele sokmak için yani şalterini kapatıp şebekeye bağlamak için aşağıdaki 3 şartın yerine getirilmesi lazımdır (senkronizasyon şartları):

- Alternatörün uçlarındaki gerilim şebeke gerilimine eşit olacak ($U_{or} = U_{or}$),
- Alternatörün uçlarındaki gerilimin frekansı şebeke geriliminin frekansına eşit olacak ($f' = f$),
- Alternatörün uçlarındaki gerilim ile şebeke gerilimi aynı fazda bulunacak

Şekilde ki montaj yapılmak suretiyle bu 3 şartın yerine getirilip getirilmediği anlaşılır. Ameliyeler aşağıdaki sıraya göre yürütülür:

1 - Şalteri açık olmak üzere alternatör çalıştırılır yani alternatörü tahrik eden motora yol verilir. Motorun regülatör yayına kumanda ederek alternatörün hızını senkron hıza (n_s) çıkarılır. $f' = f$ olmuştur yani alternatörün klemenslerindeki gerilimin (U_{or}') frekansı (f') şebeke geriliminin (U_{or}) frekansının (f) eşit kılınmıştır. Yalnız, bir noktaya dikkati çekelim: (f') frekansını tam olarak $8f$ frekansına eşit kılmak için takeometre ile alternatörün hızını ölçüp ayarlamak kafi değildir; takeometre veya frekans metre ile ancak takriben frekansları eşitleyebiliriz; fakat bu takribi eşitlik şu anda işimiz için yeterlidir; tam eşitliğin nasıl yapılacağını birazdan göreceğiz.

2- Frekanslar takriben eşit kılındıktan sonra, alternatörün ikaz reostasına kumanda ederek ikaz akımını (I_e) arttırırız ve dolayısıyla U_{or}' gerilimi artar. U_{or}' oluncaya kadar bu ameliyeye devam ederiz. Eşitliğin gerçekleştiğini voltmetrelere bakarak anlarız. Tabii, tam bir eşitlik sağlamak söz konusu değildir, pratikte; fakat bu takribi eşitlik şu anda işimiz için yeterlidir; tam eşitliğin nasıl sağlanacağını birazdan göreceğiz.

3- $F' = F$ ve $\vec{U}_{or}' = U_{or}' \vec{f}$ yapıldıktan sonra U_{or}' vektörünün U_{or} vektörü üzerinden geçtiği anda yani her 3 lamba birden yavaş yavaş söndüğü ve sıfır voltmetresi sıfır gösterdiği anda şalteri kapatırız. Alternatörümüz şebeke ile paralele girmiş olur. Lambaların hep birden yavaş yavaş sönməsi, bir müddet sönük kalması (veya sıfır voltmetresinin yavaş yavaş sıfıra yaklaşması, bir müddet sıfırda kalması) yukarıdaki gerilim ve frekans eşitliğinin de tam olarak gerçekleşmiş olduğunu gösterir.

Yukarıdaki 3 şartta <<senkronizasyon şartları>> (veya paralele girme şartları) denir. Senkronizasyon şartları yerine getirilmiş bulunan alternatör ancak şebekeye paralel bağlanabilir.

Alternatör paralele sokulduğu yani şalteri kapandığı anda ne olur?

→ → →
Alternatör akım vermez, çünkü: $E_{or} = U_{or} = U_{or}$

Bunun için de : $I=0$ olmalıdır.

→ → →
($U_{or} + Z^l I = E_{or}$, $Z^l I = 0$, $I = 0$).

Yani şalter kapatıldığı anda alternatör şebekeye ne aktif güç ne de reaktif güç verir.

Alternatörden aktif güç almak için ne yapmalı?

Alternatörün miline gelen döndürücü momenti arttırmak lazımdır. Döndürücü moment arttırılınca artık alternatörün hızı artmak çünkü alternatörümüz şebeke ile kol kola girmiştir, yani daima $n_s = f \cdot 60 / p$ hızı ile dönecektir. Alternatörün çıkış klemenslerindeki gerilim vektör diyagramı ile şebeke gerilim vektör diyagramı birbirleriyle intibak etmiştir (ayrılmaz şekilde birbiri üzerine binmiştir). Fakat, buna karşılık, klemenslerden <<aktif güç>> vermeye başlar.

Alternatörün miline gelen döndürücü momenti arttırmak için alternatörü tahrik eden kuvvet makinesinin (motorunun) regülatörüne hızı arttıracak yönde kumanda etmek gerekir: hız artmayacaktır, fakat motorun doğurduğu moment artacaktır ve alternatör aktif güç vermeye başlayacaktır.

Alternatörden reaktif güç almak için ne yapmalı?

Alternatörün ikaz akımını arttırmak lazımdır. (I_e) yani ikaz reostası direncini azaltmak lazımdır. Bu takdirde alternatör reaktif güç verir. Yok aksine, ikaz akımını arttıracığımız yerde azaltırsak, bu sefer, alternatör şebekeden reaktif güç çeker.

Paralel çalışmakta olan alternatörün miline kuvvet makinesinin (motorunun) milinden ayırırsak ne olur?

Alternatörün miline motor tarafından herhangi bir döndürücü moment tatbik edilmez olur. Bu takdirde, alternatörün duracağını tahmin ederken dönmeye devam ettiğini görürüz; makine senkron hızla dönmeye devam eder ve daha da fazlası, miline baskı momenti tatbik edilse dahi, aynı hızda dönmeye devam ettiği görülür. Yani, alternatörümüz bir motor olmuştur. Bu motora <<senkron motor>> adı verilir. Alternatör ile senkron motor konstrüksiyon bakımından birbirinin aynı olan makinelerdir. Bu makinelere <<Senkron Makine>> adı verilir. Senkron makine hem alternatör hem de motor olarak çalışabilir. Motor olarak çalışırken aktif güç çeker.

ÖRNEK BİR ALTERNATÖR ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ALTERNATÖR



3.5-250 kVA

Mekanik Özellikler:

Bir ve üç fazlı olarak imal edilen alternatörler genel, sınıai, askeri ve telekomünikasyon amaçlarda kullanılmaya uygundur.

Elektrik motorlarına yol vermede meydana gelecek ani aşırı yüklerle olduğu gibi ısıtma, aydınlatma ihtiyaçlarına da en iyi cevap verecek şekilde dizayn edilmişlerdir.

. Yapısal özellikler:

Gövde ve ayaklar çelik, kapak ve flanşlar gri dökümdür.

Çalışma şekli:

Alternatör belli başlı şu kısımlardan oluşur: Stator sargıları, alan sargılarını taşıyan çıkık kutuplu rotor, alan sargılarını besleyen ikaz generatörü ve döner diyotlar. Fırçasız ikaz armatürünün ürettiği gerilim mil üzerindeki üç fazlı tam dalga döner diyotlarla doğrultularak ana alternatör alan (ikaz) sargılarını besler. Çıkış gerilimi kontrolü thristör regüleli solid state otomatik voltaj regülatörü ile sağlanır. Voltaj regülasyonu \pm % 2 dir. Pano üzerindeki potansiyometre ile çıkış gerilim \pm % 10 sahası içinde ayarlanabilir.

Ayrıca; genelde 17.5 kVA dan büyük grupta dizel motor, elektronik koruyucu bir ünite tarafından otomatik koruma altına alınmıştır. Bu cihaz elektrojen grubun çalışmasını kontrol altında tutarak arıza durumunda motoru otomatik olarak durdurur.

Soğutma:

Soğutma rotor mili üzerindeki santrifüj pervane ile sağlanır

Rotor ve stator:

Helisli stator olukları ve 2/3 adımlı sargı sayesinde gerilim harmonikleri ve alan ısı asgariye indirilmiştir. Rotor ve statorlar düşük kayıplı, izoleli manyetik laminasyonlardan yapılmışlardır. K serisi alternatörlerin rotorlarında paralel çalışmayı temin ve dengesiz yükler için amortisör sargısı mevcuttur. Rotorlar dinamik olarak balanslanmışlardır.

Koruma tipi ve izolasyon sınıfı:

Koruma sınıfı IP 23, izolasyon sınıfı F dir.

ELEKTRİK BİLGİLERİ

Gerilim ve frekans:

132 ve 180 tip alternatörler 2 kutup 3000 1/dak., 200 -250 tip alternatörler ise 4 kutup 1500 1/dak. hızındadır. Frekans 50 Hz, gerilim 3 fazlı alternatörlerde fazlar arası 380-400 V., bir fazlılarda 220-230 V. dur.

Güç:

Prime Güç: Jeneratörün sabit yüklerde sürekli yüklenmesidir. 12 saat de bir saat %10 fazla yüklenebilir.

Stand By Güç: Yedek enerji kaynağı olarak kullanılır. Değişken yüklerde yüklenebilir. Fazla yükleme yapılamaz.

Alternatör üzerindeki etiket değerinde belirtilen güç stand by güç olup, prime güç için jeneratör grup etiketine bakınız.

İkaz ve gerilim regülasyonu:

F serisi alternatörler fırçalı ve manyetik (trafolu) regülatörüdür, voltaj regülasyonu \pm %4 dür. Sistemin yapısı basit, güvenilirliği yüksek, tamiri kolaydır. Elektrik motorlarında yol verme kapasitesi yüksektir.

K serisi alternatörler fırçasız, döner diyotlu ve elektronik (solid state) regülatörüdür, voltaj regülasyonu dengeli yükte \pm %1,5 dir. Gerilim ayar potansiyometresi ile voltaj \pm % 10 sınırları içinde ayarlanabilir. Ayrıca stabilite ayarı mevcuttur. Fırçasız ikaz armatürünün ürettiği gerilim mil üzerindeki üç fazlı tam dalga diyotlarda doğrultularak ana jeneratör alan (ikaz) sargılarını besler.