

İngiltere'de kurulu bir pompa/türbin elektrik santrali

Bülent Damar

ÖZET

Son yıllarda hidrolik elektrik enerjisi üretim potansiyeli bitmiş yada bitmek üzere olan ülkelerde elektrik sisteminin tepe yük gereksinmesini karşılamak ve enerji gereksinmesinin az olduğu zamanlarda ise su depolaması için pompa olarak çalıştırılmak üzere pompa/türbin elektrik santralleri kurulmuştur. Yurdumuzda henüz bir örneği bulunmayan bu tip santrallardan İngiltere'de Kuzey İskoçya'da 1975 yılında kurulan ve bu tip santrallerin en gelişmiş örneklerinden biri olan Foyers pompa/türbin elektrik santrali bu yazıda tüm donanımları ile tanıtılmaya çalışılmıştır.

SUMMARY

In recent years, in the countries in which hydraulic energy potential is fully used or nearly so, pump storage power plants are constructed to combat the shortages at the peak hours of electrical grids. There is no such example in Turkey. In this article one of the latest and advanced examples of this type of power plants, Foyers Pump Storage Power Plant in North Scotland UK, is described.

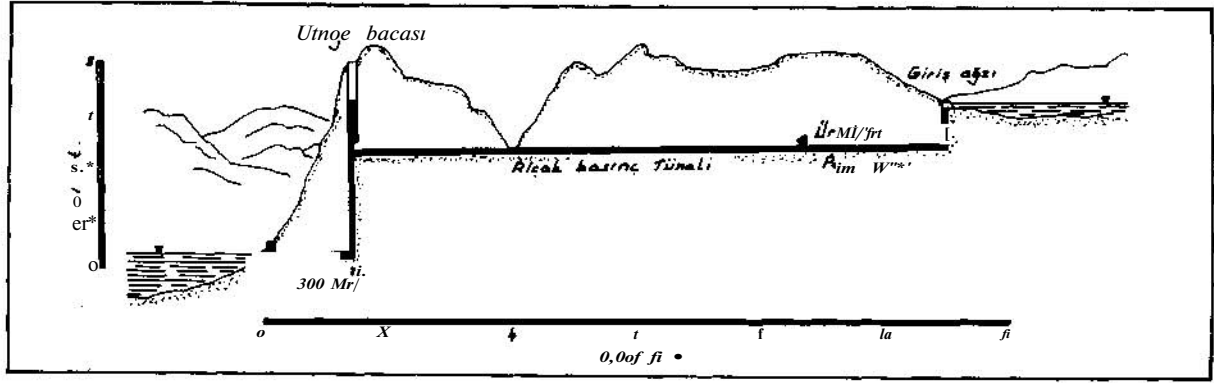
UDK: 621.311.21:621.221.4 (411)

1. GİRİŞ

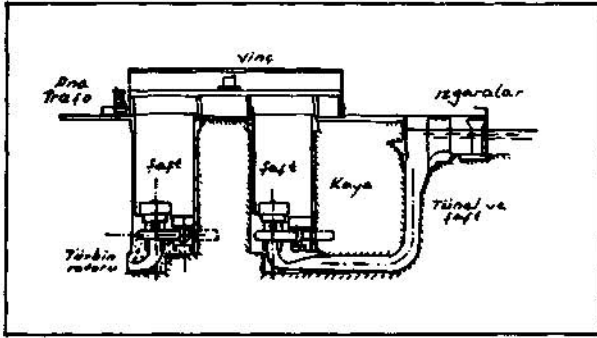
Foyers santrali 150 MW'lık iki pompa/türbin grubundan oluşmaktadır. Bu santralin yüksek seviye haznesi Loch Mhor'dur. Loch Mhor'un su toplama alanı, Loch Garth ve Loch Ferraline göllerinin de bu göle bağlanması ile genişletilmiştir. Loch Mhor gölünün 52 km² olan su toplama alanı 207 km²'ye çıkarılmıştır. Santralin alt seviye haznesi Loch Ness gölüdür. Santral bu gölün kenarına kurulmuştur. Bu iki göl arasındaki seviye farkı 178,6 m'dir. Bu değer aynı zamanda santralin brüt düşüşü olmaktadır.

Santral generatör olarak çalışırken su, Loch Mhor¹ dan 3,2 km uzunluğundaki tünel ile santrale ulaşır ve santraldan Loch Ness'e boşalır. Santral pompa olarak çalışırken Kuzey İskoçya Hidroelektrik Kurumu (NSHEB) sisteminden çekilen enerji ile Loch Ness'den Loch Mhor'a su basılır.

Bülent Damar, TEK.



Foyers santralı su tesisleri.



Foyers santral binası.

Foyers santralı yılda 400 milyon kWh enerji üretecek biçimde projelendirilmiştir: bu enerjinin 307 milyon kWh'ını pompa olarak çalışması sonucu Loch Mhor'a basılan sudan, 93 milyon kWh'ını da Loch Mhor'un su toplama sahasından elde edilen su ile üretecektir.

2. İNŞAAT İŞLERİ

Loch Mhor'da bir bent vardır. Loch Mhor'dan Loch Ness kıyılarındaki santrale giden tünelin giriş ağızı bu bendin 1,6 km kadar kuzeydoğusundadır. Loch Mhor'daki su alma ağzından denge bacasına kadar uzanan beton alçak basınç tüneli 6,93 m çapında ve 2743 m uzunluğundadır. Glen Liath vadisinde bu tünel 6 m çapında 94,5 m uzunluğunda bir yerüstü borusu şeklindedir. Denge bacası 18,6 m çapında ve 83 m yüksekliğindedir. Alçak basınç tünelinin sonunda ve denge bacasının altında bulunan bir yüksek basınç tünel sistemi ile tünel santrale bağlanır. Yüksek basınç sistemi düşey olarak 112,8 m yüksekliğinde ve yatay olarak 117,3 m uzunluğundadır. Beton tünel şeklinde olan bu sistemin çapı 7,3 m'dir. 117,3'üncü metrede tünel iki kola ayrılır. Her kol çelik cebri boru biçimindedir, ilk bölümde her kol 4,8 m çapındadır. 219,5 m sonra çap 4,5 m'ye düşer ve nihayet 95,7 m sonra türbin girişinde cebri boru çapı 3,04 m olur. Loch Ness'de kuru mevsimlerde gölün seviyesinin düşmesinden santralın etkilenmemesi için göle su verebilecek Doch fur Weir kanalına denetimli kapaklar yerleştirilmiştir.

3. SANTRAL

İki 150 MM'lık grup birbirinden 50,2 m uzaklıkta çapı 19 m olan iki dairesel çukura yerleştirilmiştir. Pompa türbin rotorları Loch Ness'in su seviyesinin 34,7 m altındadır. 204 000 BG'ünde olan türbinler düşey şaftlı ters dönebilen Francis pompa tipi türbinlerdir ve hızları 273 dev/dakika'dır Motor/Generatörlerin gücü generatör durumunda 150 MW, motor durumunda 167 MW'dır. Her birim (ünite) 900 tondur. Döner kısım ise 300 tondur. Her iki birimin generatör iken bıraktıkları su 190 m³/sn'dir. Birimler pompa olarak çalıştıklarında çekilen su 160 mVsn'dir.

Uyarma (ikaz) sistemi elektronik olan generatörlerin her ikisinin de çıkışı 330 MVA gücünde bir trafo ile 275 kV'luk NSHEB sistemine bağlanır. Santral 21 km uzaklıktaki Fort Augustus merkezinden denetlenmektedir. Santral personel bulunmadan çalışacak biçimde projelendirilmiştir. Ancak bugün santralda üç vardiyacı, iki asistan mühendis, üç temizlikçi ve iki usta çalışmaktadır.

4. KARAKTERİSTİK DEĞERLERİ

4.1. Pompa/Türbin:

Yapımcısı	: Boving Co. Ltd.
Türbin olarak:	: <u>Maksimum</u> <u>Minimum</u>
Su alma ağız seviyesi (m):	: 194,22 188,97
Çıkış suyu seviyesi (m) :	: 17,68 15,54
Senkron hızı (dev/dak) :	: - 273
Sürekli gücü (MW)	: 152,4 (163,36 m düşüde)
Dönüş yönü (yukarıdan bakıldığında)	: Saat ibresinin hareketinin ters yönünde
Pompa olarak:	: <u>Maksimum</u> <u>Minimum</u>
Düşüşü (m)	: 183,23 172,75
Normal boşalması (m ³)	: 88,05 (175,07 m düşüde ve 51 Hz frekansda)
Frekans (Hz)	: 51 49
Gücü (MW)	: 163,3 (175,07 m düşüde ve 51 Hz frekansda)

4.2. Generatör/Motor:

Yapımcısı	: ASEA
Tipi	: GS 3123
Anma generatör gücü (Cosφ>:0,85 de kVA)	: 176500
Akımı (A)	: 5661
Uyarma akımı (A)	: 1376
Anma motor gücü (Cosφ>:0,95 de kW)	: 164100
Gerilimi (V)	: 18000
Frekansı (Hz)	: 50
Senkron hızı (dev/dak)	: 272,7
Aşırı hız (dev/dak)	: 420 (1 dakika için)
Kutup sayısı	: 22
Hava aralığı (mm)	: 38
Maksimum uyarma	: 330 V, 1400 A
Yalıtım sınıfı; stator rotor	: B (Mikapact) : B
Yüksek gerilim test değerleri (V); stator rotor	: 37000 (1 dakika) : 3300 (1 dakika)
15°C'da hesaplanan direnç değerleri (Ohm); stator rotor	: 0,0057 : 0,181
Döner parçaların WR ² si (t - m ²)	: 1516
Hat yükleme kapasitesi (MVA)	: 176,5
Ana Güç Trafosu:	
Gücü (MVA)	: 330
Gerilimi (kV)	: 283/18/18
Kademe değiştiricisi	: 18 kademeli (+ % 15'den - % 5'e)

4.3. Ana Giriş Vanası

Ana vanalar döner (rotary) tipidir. Sızdırmazlıkları metal-metal teması ile olur. Normal servis salmastrası suyun akış yönündedir ve hidrolik sistemle çalışır. Yedek yada nadir hal salmastrası suyun akış yönünün tersinde çalışır ve hidroliktir. Normal servis salmastrası açıldığı zaman köprüleme (by-pass) görevini yaparak salyangoz ile cebri borudaki basıncın eşitlenmesini sağlar. Vana hidrolik olarak çalışan çift servomotor ile donatılmıştır. Vana eşit basınçta açılabilir. Kapatılması ise maksimum basınçta olur. Yedek servis salmastrasının dışında ayrı bir köprüleme sistemi daha vardır.

Vana gövdesi çelik plaka ve döküm çelikten yapılmıştır. Vana kumandası bir biri ardına çalışan üç vana ile yapılır.

Bunlar:

Selenoidli pilot vana,
Çalıştırma vanası,
Zaman vanası.

Her üç vana da elektrikle kumandalıdır.

4.4. Türbin

Pompa/türbin düşey Francis tipidir ve generatör/motora flanş ve kaplin civataları ile bağlanmıştır.

Türbin hız regülatörleri AŞPA yapımı ve elektro/hidrolik tiptir. Çalışma basınçları 40 kg/cm² dir.

Türbin alt kapağı iki parça halinde dökülmüş manganezli çeliktedir. Üst ve alt tarafları işlenmiştir. Kapağın alt kısmı % 13 kromlu paslanmaz çelik tabaka ile kaplıdır. İki adet % 13 kromlu paslanmaz demirden yapılmış, her biri iki parçalı aşınma çemberi vardır.

Kapakları kılavuz yataklardan koruyan yanaklar (cheek plates) iki parçalıdır ve % 13 kromlu yumuşak demir plakalardan yapılmıştır.

Üst kapak iki parçalı ve manganez çeliktedir. Üst ve alt kısımları işlenmiştir. Alt kapağında kine benzer aşınma çemberleri vardır. Bu çemberlere lastikli sızdırmazlık salmastraları takılmıştır.

Regülasyon bileziği çelikten yapılmış ve tek parçalıdır. Ayarlama bileziğinin üst flanşında servomotor bağlantıları için iki delik; alt flanşında ise kılavuz ayar kanatları için 24 adet yataklı delik vardır. Ayrıca yatak ringi ve bağlantı pim-leri için yağlama noktaları vardır.

Ayar kanatları 24 tane'dir. Som paslanmaz çelikten dökülmüş ve işlenmiştir. Her kanatın alt kısmında sızdırmazlık contaları vardır. Bu contalar kanat içerisinde kayan fosfor bronz pabuçlardan oluşur ve alt kısımlarından bir yay vasıtası ile itilirler.

Türbin rotoru % 13 kromlu paslanmaz çelikten tek parça olarak dökülmüştür. Üst aşınma çemberi ayrı olarak dökülmüş ve rotora civata ile bağlanmıştır. Rotor statik ve dinamik olarak dengelenmiştir. Rotorun üst ve alt kısmında basıncı eşitlemek için 14 adet 40 mm'lik delik vardır. Rotor tacı iki parça olarak dökülmüş ve yüzeyi işlenerek parlatılmıştır.

Türbin shaftı tek parçalıdır. İçerisinde 150 mm çapında bir delik vardır. Shaft salmastrası mekanik tiptir. Bu üst kapağa dayanan hidrolik kriko- lar ile bastırılan eğik yüzeyli bir tip sızdırmazlık sistemidir.

Türbin yatağı oynayan lokmalı tipten kendinden yağlamalı ve su soğutmalıdır. 12 adet lokma vardır. Lokmalar dökme demirden yapılmış ve üstleri beyaz metal ile kaplanmıştır.

tki lokmanın içerisinde birer civalı ve dirençli termometre vardır. Ayrıca bir adet yatak mafhazasının kenarına yerleştirilmiş dirençli terxometre vardır. Türbin yatağından alarm ve açma sinyalleri alınır. İki adet soğutucu radyatör ile bir adet yağ seviye göstergesi vardır.

Ayar kanatlarının yağlanması (gres yağlanması) otomatiktir. Öteki noktalar elle yağlanır.

4.5. Motor/Generatör

Generatör taşıyıcısının kılavuz yatağı birleşiktir ve rotorun alt kısmındadır. Yataklar betonla desteklenmiş olan alt mafhaza üzerine yerleştirilmiştir. Aynı zamanda bir üst kılavuz yatak vardır. Kapalı devre soğutma sistemindeki hava dolaşımı stator soğutucu radyatörleri üzerine yerleştirilmiş vantilatörlerle elde edilir.

4.6. Stator

3 faz, yıldız bağlı altıgen (elmas şekilli) bobin sargılarının yalıtımı F sınıfıdır. Normal koşullarda statorun demir, bakır ve rüzgar kayıpları toplamı 2200 kW'dır. Bu kayıpların yarattığı sıcaklık stator hava/su soğutucuları tarafından giderilir. Kapalı soğutma devresindeki havanın cebri dolaşımı stator soğutucularının dış taraflarına yerleştirilmiş vantilatörlerle sağlanır.

Birleşik taşıyıcı ve kılavuz yataktaki sıcaklık kayıpları 107 kW'dır. Bu ısı iki adet paralel bağlı yağ/su soğutucusu birimleri ile giderilir. Her bir soğutucu birimin gücü 110 kW'dır. Bu durum bakım için bir soğutucunun devre dışı bırakılabilmesine olanak sağlar.

Fren krikoları 4 tanedir. Fren sistemi basınçlı hava ve yağ ile çalışan tipidir.

Fren hava basıncı: 8,5 kg/cm² (121 psi)
Kriko basıncı: 96,5 kg/cm² (1370 psi) dir.

Taşıyıcı yatak 18 lokmadan oluşur. Lokmalar yaylar üzerine yerleştirilmiştir. Yağ filminin oluşmasını sağlamak için iki adet yüksek basınç yağ pompası vardır. Alt kılavuz yatak da lokmalardan oluşur ve taşıyıcı yatağın üst kısmındadır.

Üst kılavuz yatak alt kılavuz yatağının bir benzeridir. Yalnız bu yatak üst kapaktan çift tabaka ile yalıtılmıştır. Böylece şaft akımları için bir iletken yolun oluşması önlenir.

Yağ buharının yatak kapağı ile şaft arasındaki aralıktan kaçmasını önlemek için yatak kapağı içerisindeki dairesel oluklara basınçlı hava verilir.

Taşıyıcı yatak lokma sayısı: 10
Alt kılavuz yatak lokma sayısı: 32
Üst kılavuz yatak lokma sayısı: 10

Denetim ve Koruma Teçhizatı:

- 1) Stator nüve sıcaklığı: 3 adet dirençli termometre
- 2) Stator üst çember sıcaklığı: 3 adet dirençli termometre
- 3) Stator sargı sıcaklığı: 12 adet dirençli termometre
- 4) Alan sargısı sıcaklığı: Alan sargı sıcaklığı rotor bileziklerindeki direncin değiştiğini gösteren iki karbon fırça ile saptanır.
- 5) Şaft akımı koruması: Bir adet çember biçimli şaft akım trafosu rotor şaftını sarar. Trafodan akan akım bir röleyi çalıştırır. Röle alarm yada açma için kullanılabilir. Trafonun ayrıca bir adet test sargısı vardır.
- 6) Taşıyıcı yatak sıcaklıkları:
 - a) 18 adet dirençli termometre (her lokmada bir adet)
 - b) İki adet civalı termometre
80°C de alarm,
85°C de açma
- 7) Kılavuz yatak sıcaklıkları:
 - a) Alt kılavuz yatağı
2 dirençli termometre
2 civalı termometre
80°C de alarm
85°C de açma
 - b) Üst kılavuz yatağı
1 dirençli termometre

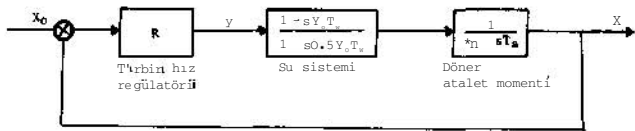
1 civalı termometre 6yağ)
80°C de alarm
85°C de açma

- 8) Yatak yağı
 - a) Sıcaklıklar
1 dirençli termometre taşıyıcı yataktaki
1 dirençli termometre üst kılavuz yataktadır
 - b) Seviyeler
Taşıyıcı yatakta iki adet (yüksek ve alçak seviye göstergeli);
Üst kılavuz yatağında da 1 adet şamandra tipi seviye göstergesi vardır.
 - c) Basınçlar
Taşıyıcı yatak yağ basıncının alçak olduğunu gösteren monometre normal yağ basıncının % 80'inde açma gönderir. Başka bir monometre ise normal hızın % 50'sinin üzerinde frenlerin uygulanmasını önlemek için elektrik kilitlemesi yapar.
- 9) Yüksek basınçlı yağlama: Yüksek basınç yağ pompaları 2000 psi de yağ basar. Bu devrede bulunan bir basınç kontağı bu basınç değerinin % 75'in üzerine çıkmadan başlatma devresini başlatma verilemeyecek biçimde kilitler.
- 10) Fren uygulamasının önlenmesi: Her fren kriko silindirinde bir adet sınır kontağı vardır. Bunların kontakları frenler devre dışı iken kapanır, devrede iken açılır. Hepsi birbirine seri bağlıdır. Hepsinin aynı konumda olmaması durumunda ise başlatma devresi kilitlenir.
- 11) Soğutma havası sıcaklıkları:
 - a) Soğutuculardan çıkan soğuk hava 8 adet dirençli termometre ile ölçülür.
 - b) Sıcak hava ise 4 adet dirençli termometre ve iki adet normal (civalı) termometre ile ölçülür.
- 12) Soğutma suyu akış ve sıcaklıkları
 - a) Hava soğutucuları: 1 adet akışmetre
1 adet dirençli termometre
 - b) Yağ soğutucuları: 1 adet akışmetre
- 13) CO2 ile yangın koruması.

5. HIZ REGÜLATÖRÜ

ASEA ve KMW yapımı olan hız regülatörü iki bölüme ayrılıyor; elektronik bölüm, hidrolik bölüm. Elektronik bölüm kumanda ve denetim görevlerini yaparken hidrolik bölüm de kendi işlevlerini yerine getirir.

Tüm türbinin hız regülatörü sistemi kabaca aşağıdaki öbek diyagramı ile gösterilebilir.



R= Transfer fonksiyon (hız regülatörünün)
Ts = Suyun zaman sabiti (sn)
Ys=Kanat açıklığı (yükleme devresi)
Ts = Birimin zaman sabiti (sn)
e_s - Türbin (e_s) ve yükün (e_s) momentini ayarlama çarpanı

Çalışması:

Kumanda ve denetim devreleri analog devrelerden ve yükselteçlerden oluşuyor. Tüm devreler elektronik ve kart sistemlidir. Hız regülatörüne üç bi-

çimde kumanda edilebilir:

- a) Otomatik
- b) El
- c) Test

a) Otomatik kumanda üç biçimde olabilir:

- 1) Boşta kumanda
 - 2) Yalnız kendinden kumanda
 - 3) Birleşik kumanda
- 1) Boşta kumanda, generatör kesicisi açık iken regülatörün birime kumanda etmesidir.
 - 2) Yalnız kendinden kumanda: Regülatörün birimin yükünü kendisinin ayarlamasıdır.
 - 3) Birleşik kumanda: Santraldaki iki birimin yüklerinin iki regülatör tarafından ayarlanmasıdır.

Bu üç işlem için regülatörde üç ayrı elektronik bölüm bulunuyor:

- b) El kumandası: Regülatörün ayar kanatlarına kumandasının, ayar kanat sınır kumanda anahtarı aracılığı ile yapılmasıdır.
- c) Test kumandası: Bu konumda ayar kanatlarına, mekanik kanat sınırı aracılığı ile kumanda edilir. Elektronik bölüm devre dışıdır.

6. GERİLİM REGÜLATÖRÜ

Gerilim regülatörü ASEA yapımı ve tipi FREA'dır. FREA tipi regülatörler elektronik devrelidir ve tiristor denetimli uyarma sistemlerinde kullanılır. Bu reg'ilatöv uyarma sisteminin sinyal üretici olarak görev yapar. Gerilim regülatöründe gerilim ayarını yapan ana birimin dışında aşağıdaki birimler vardır;

Sınırlayıcılar:

- a) Düşük uyarım sınırlayıcısı
- b) Zaman gecikmeli stator akımı sınırlayıcısı
- c) Zaman gecikmeli alan akımı sınırlayıcısı
- d) Ani alan akımı sınırlayıcısı

Denetim Regülatörleri:

- a) Reaktif güç regülatörü
- b) Güç çarpanı regülatörü
- c) Birleşik denetim birimi

Ek Denetim Birimleri:

- a) Güç sistemi stabilizeri
- b) Frekans kompensatörü
- c) Alan akımı regülatörü gibi sınırlayıcı ve ikincil denetimler de vardır.

Regülatörün bütün bölümleri fişli küçük birimlerden oluşuyor. Yalnızca ana birim, akım sınırlayıcıları ve düşük uyarım sınırlayıcısı tek büyük parçalar biçimindedir. Bunların devreleri bir pano içindedir.

6.1. Ana Birim

Ana birim öncül gerilim regülasyonu işlevlerini yerine getirir. Bu görevi yapmak için;

- a) Güç sisteminin gerilimini sabit tutar
- b) Paralel çalışan makineler arasında reaktif yükü uygun biçimde dağıtır
- c) Devrenin yüksek düzeyde bir sabit ve geçici durum kararlılığının olmasına yardım eder.

Bu birim, senkron makinenin ve uyarımının karakteristikleri ne olursa olsun birimin girişindeki uyarlayıcı (adaptör) aracılığı ile her makine için kullanılabilir biçimde yapılmıştır.

6.2. Sınırlayıcılar

Gerilim regülatörleri generatörlerin bağlı oldukları sistemdeki gerilim değişimlerinde generatörün gerilimini sabit tutmak için generatörün reaktif gücünü değiştirirler.

Sistemin kısa devre değerinin generatörün gücüne göre yüksek olması ve sistemin gerilim değişiminin büyük olması, generatörün aşırı yüklenme yada aşırı reaktif güç ile sistemi besleyerek (aşırı uyarıma) yada sistemden aşırı reaktif güç çekerek (düşük uyarıma) paralelden çıkması olasılığını artırır.

Genellikle ana birimdeki kompensasyon empedansı aracılığı ile gerilim regülatörüne uygun bir akıma bağımlı fonksiyon verilerek generatörün reaktif güç değişimleri istenilen sınırlar içerisinde tutulabilir.

Sınırlayıcılar uzaktan denetlenen santrallarda ve/yada generatörün sistem gerilimine yaptığı yardımın derecesinin düşmemesi istenildiği durumlarda kullanılır.

Sınırlayıcıların ana görevleri generatörün reaktif aşırı yüklenme yada paralel dışına düşme nedeniyle koruma röleleri aracılığı ile devre dışı olmalarını önlemektir.

- a) Düşük uyarım sınırlayıcısı: Sistemdeki aşırı gerilim yükselmelerinde gerilim regülatörü generatörün uyarımını senkron kararlılık için kabul edilemeyecek kadar alçak bir değere düşürebilir ve bundan dolayı generator paralelden çıkar. Düşük uyarım sınırlayıcısının ana görevi bu durumlarda uyarımın kritik değere düşmesini önleyerek generatörün paralelden çıkmasını önlemektir.

- b) Zaman gecikmeli stator akımı sınırlayıcısı: Bu sınırlayıcı büyük senkron kondenserlerin aşırı uyarılmalarında gecikmeli olarak stator akımını sınırlamak için kullanılır.

Gecikme niteliği makinenin kısa bir süre için ve stator sargısının müsaade edilen termik değerini geçmeden aşırı yüklenmesine olanak tanır.

Bu nitelik geçici sistem arızalarında gerilim regülatörüne, gerilimi sabit tutmak ve senkron kararlılığı artırmak için generatörün uyarımını ani artırma olanağını verir. Sınırlayıcı korumaya röleleri ile de koordine edilebilir.

Stator akımı sınırlayıcısı bir faz-seçicisiz bir akım ölçü aleti, bir akım sınırlayıcı birimi ve bir röle bölümünden oluşur. Akım sınırlayıcısı iki ayrı değere ayarlanabilir. Çok büyük gerilim düşmelerinde akım sınırlayıcısının çalışması durdurulur.

- c) Zaman gecikmeli alan sınırlayıcısı: Zaman gecikmeli alan akımı sınırlayıcısı generatörün ışın alan akımı ile çalışmasını önlemek içindir (örneğin sistem geriliminin düşmesi). Gecikme, iyi gerilim regülasyonu için gerekli olan stator ve uyarımın kısa bir süre için aşırı yüklenmesine müsaade etmek için yapılır.

d) Ani alan akımı sınırlayıcısı: Ani alan akımı sınırlayıcısı büyük redresör uyarında generatörlerde kullanılır. Bu tip uyarma sistemlerinin tavan gerilimleri oldukça yüksektir. Bu sınırlayıcı çok düşük termik zaman sabitesi olan redresörleri kısa süreli aşırı yüklenmelerden korumak için kullanılır.

Bu birim bir akım ölçü aleti ve bir akım sınırlayıcısından oluşur.

6.3. Denetim Regülatörleri

Generatör anma geriliminin dışındaki birkaç değerinde sabit tutulması gerektiği zaman denetim regülatörleri kullanılır. Bu değerlere örnek olarak reaktif güç yada güç çarpanı verilebilir. Bu değerlerin her ikisi de senkron makinenin uyarımından etkilenebilir.

Bu tip regülatörler genellikle bir sinyal verir. Bu sinyal ana birimde gerilim regülasyonu için referans sinyaline eklenir. Denetim regülatörlerinin zaman zaman sabitleri oldukça yüksektir. Bu nedenle de etkileri yavaştır.

- Reaktif güç regülatörü: Bu regülatörün amacı bir senkron makineden sabit reaktif güç alınmasını sağlamaktır. Bu birim harici röle kontakları üzerinden gerilim regülatörüne bağlanır yada devre dışı bırakılır. Etkisi yavaştır ve reaktif güçte ani değişimler olmaz. Generatörde aşırı gerilim doğmasını önlemek için bu birim basit bir gerilim sınırlayıcısı ile donatılmıştır.
- Güç çarpanı regülatörü: Bu regülatör makinenin güç çarpanının yavaş ayarlanmasının istendiği durumlarda kullanılır.
- Birleşik denetim birimi: Bu birimin amacı santralde bulunan tüm generatörlerin belli bir noktada (yada barada) aynı gerilimde olmalarını sağlamaktır.

6.4. Denetim Birimleri

a) Güç sistemi stabilizeri:

Sistem sabit durum kararlılığında generatörlerin elektromekanik sönümlerinin etkisi büyüktür. Sönümün artırılması için etkili bir yol gerilim regülatörlerini elden geldiğince en iyi biçimde kullanmaktır. Bu gerilim regülatörlerini uygun biçimde ayarlayarak ve bazı özel ek sinyaller kullanarak yapılabilir. Gerilim regülatörüne rotor ivmesine ve rotor hız hatası ile orantılı sinyaller uygulanarak senkron makinelerin elektromekanik sönümlerinin düzeltilebileceği yapılan çalışmalarda görülmüştür. Genellikle senkron makinenin sisteme karşı salınımının frekansı 0,3-2,0 Hz arasındadır.

Yüksek hızlı ivme uyarma sistemi bir salınım sırasında alan akımını değiştirerek makinenin elektromekanik momentine geçici bir etkide bulunabilecek kapasitededir. Bu makineye yada ivmesine bir etki demektir. Bu yölla yani salınımlara bağlı olarak alan akımını değiştirmekle makinenin sönümü düzeltilebilir.

Güç sistemi stabilizeleri ancak elektronik uyarımalı ve tiristor denetimli döner uyarımalı senkron makinelerde kullanılabilir. Bu, uyarma ve gerilim

regülasyonu sistemlerinin iyice tanımlanmış frekans değerlerine ihtiyaç olduğu içindir.

Rotor salınımlarını gösteren sinyaller makinenin aktif güç çıkışından alınır. Bu, türbin momentinin sabit olması durumunda makinenin aktif gücünün makinenin ivmesiyle orantılı olduğundan doğrudur.

Güç sistemi stabilizeri bir Hail tipi wattmetre, bir sinyal üreticisi ve bir röle bölümünden oluşur.

b) Frekans kompensatörü:

Bu birimin amacı, frekans normalin altına düştüğünde gerilimi düşürmektir. Böylece makineye bağlı olan donanımda aşırı akı doğması önlenir. Frekans önceden ayarlanmış bir değer altına düştüğünde frekans kompensatörü frekans farkıyla orantılı bir sinyal gönderir. Bu sinyal ana birimdeki gerilim referansına eklenir ve böylece makinenin gerilimi düşürülür.

c) Alan akımı regülatörü:

Bazı durumlarda makinenin geriliminin denetiminin elle yapılmasını sağlamak için konulan bir birimdir.

7. STATİK İNVERTER SERVİSE ALMA SİSTEMİ

Statik inverter servise alma sistemi genel olarak şu öğelerden oluşmaktadır: 2 frekans konvertörü, besleme trafosu, yükseltici trafo ve gerekli AA ve DA kesicileri. Gerekli uyarım ise ayrı bir devreden alınır.

Frekans konvertörü, iki tiristor konvertörü, bir yumuşatıcı reaktör ve denetim donanımından oluşur. Konvertörlerden biri başlangıçta redresör olarak görev yapar ve besleme trafosundan gelen üç faz AA akımı DA'ya çevirir. Bu işlem bir akım regülatörüyle denetlenerek akımın değeri sabit tutulur.

Normal işletmede ise bu konvertörler birimin ana uyarma konvertörü olarak görev yaparlar. Generatör servise alırken bu konvertörlerin generatör uyarımı ile olan bağlantıları ana kesici aracılığı ile kesilir.

Öteki konvertör ise DA'yı AA'ya çevirmek için kullanılır. Bu AA'nın frekansı çok düşük değerlerden anma değerine kadar değişebilir.

Makine servise alınırken rotor ayrı bir statik uyarıcı ile mıknatıslanır. Bu uyarıcı alan akımı regülatörü aracılığı ile denetlenir.

8. SONUÇ

Bu yazıda Foyers Pompa/Türbin elektrik santralının donanımları tanıtılmaya çalışılmıştır. Genel olarak normal su santrallarının donanımlarından pek farklı olmamasına karşın pompa/türbin santrallarının yapımları ve donanım maliyetleri çok daha pahalıdır. Yine de diğer kaynaklı enerji üretim tesislerine göre daha ucuz enerji ürettikleri saptanmıştır. Yalnız şunu açıklıkla belirtmek gerekir ki, normal su potansiyelinin ekonomik kullanımını bitmemiş ülkelerde pompa/türbin santrallarının lüks olmaktan öte pek bir anlamı yoktur. Hele yurdumuz gibi döner yedeği ve enerji fazlası olmayan ülkelerde pompa/türbin tasarımları (eğer varsa) ölü yatırım olarak nitelenebilir.