

mundan fazla başlangıç şartlarını belirtmeye lüzum yoktur. Verilen örnek problemlerde görüldüğü gibi, gerekli başlangıç şartları zamanın bütün aralığına uyan denge denklemlerinin $t = 0 +$ anı değerlerini çözmekle devrede enerji saklıyan elemanların adedi kadar bilinmesi gereken başlangıç değerlerini bulmak mümkündür.

Bu yazımızı takip edecek bir yazımızda ana uyarım fonksiyonlarının kullanılması ve bu çeşit uyarımların vereceği cevaplar incelenecektir.

Referanslar:

1. Guillemin, E.A., **Introduction to Electrical Circuits**
2. Weber, E., **Linear Transient Analysis**, John Wiley and Sons Co.
3. Scott, **Linear Circuits**, Addison and Wesley Co.
4. Gardner, M.F., and Barnes, J.L., **Transient in Linear Systems**, John Wiley and Sons Co.

UDK: 621.22

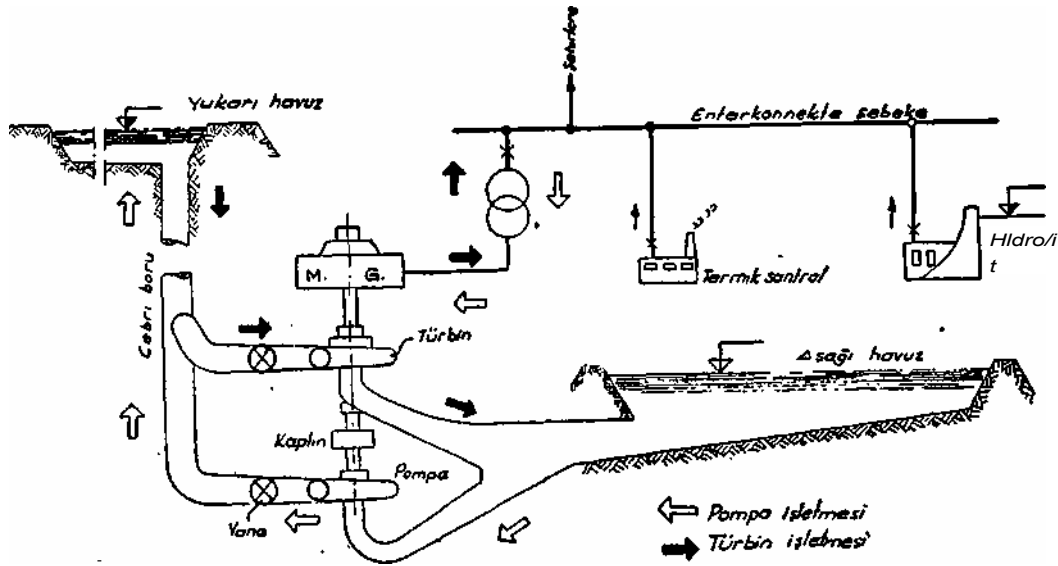
Hidrolik Enerji Rezervuarlarının Genel Hesabı

Gyula LAKI*

Hidrolik enerji rezervuan tesislerinin modern enterkoneksiyon sistemlerinde ekonomik bakımdan büyük önemi vardır. Termik santrallerin, geceleri boş saatlerde serbest kalan enerjileri, nehir santrallerinin veya barajları dolmuş bulunan hidrolik santrallerin boş gidecek olan enerji fazlalıkları, gece enerjilerinin, vadi kısımları, bu tesisler vasıtasıyla faydalı olarak değerlendirilebilirler.

Enerji rezervuan ile enterkoneksiyon sistemi arasındaki enerji alış veriş prensip olarak aşağıdaki şekilde yapılır;

1. — (Şekil 1) de görülen motor - generatör (M - G) şebekeden aldığı elektrik enerjisiyle motor olarak çalışarak alt seviyedeki pompayı işletir ve su, havuza basılır.



(Şekil : 1)

* Ganz - Mavag Fabrikası başmühendisi Gyula Lakinin Orta Doğu Teknik Üniversitesinde, 7.1.1983 te verilen Konferansın metni.

Bay Laki, iller Bankasınca Ganz - Mavag Firmasına yaptırılmış olan Rize - İkizdere Hidro - Elektrik Tesislerinin Şantiye Şefi olarak işin başından sonuna kadar mahallinde çalışmıştır

Bay Laki Konferansını bu süre zarfında öğrendiği oldukça selis bir Türkçe ile vermek başarısını da göstermiştir

2. — Puant saatlerinde, havuzda biriktirilmiş olan suyun kinetik enerjisi türbinin meyline bağlı olarak M-G makinesini generatör olarak çalıştırmakla, depo edilmiş enerjiyi şebekeye geri vermiş olur.

1. **Hidrolik enerji rezervuan sisteminin- avantajları :**

- 1 — Boşa giden hidrolik enerji kullanılmış olur.
- 2 — Termik santrallerin daha ekonomik çalışmasını sağlar.
- 3 — Termik santrallerde yük ayarlanmasından ileri gelen kayıpları önler.
- 4 — Atom santrallerinin değişmez yük altında çalışmalarını temin eder.
- 5 — Emniyet yedeği vazifesini görür.
- 6 — Termik santrallerin sıcak yedek halinde bulundurulmasından doğan yakıt tüketimini önler.
- 7 — Gereken reaktif gücü temin eder.
- 8 — Enterkoneksiyon sisteminin ayarlanmasını kolaylaştırır.
- 9 — Enerji naklini ucuzlaştırır.

Bu avantajları sırasıyla inceleyelim :

1, 2, 3 — Boşa giden hidrolik enerjinin kullanılmasından doğan faydalar aşikârdır. Termik santrallerin ekonomik çalışmaları ve yük ayar kayıplarının önlenmesi konusu üzerinde ayrıca duracağız.

4 — Bu günkü durumda, bilindiği gibi, atom santraller için yük ayarı işi şayanı tavsiye değildir. Bu sebeple, bu ayar işi, Hidrolik enerji rezervuarının yüklenmesi, atom santrallerini de ihtiva eden enterkoneksiyon şebekelerinde bu yüzden doğacak tehlikeleri önleyecektir.

5, 6 — Enterkoneksiyon şebekesine dahil herhangi bir santralde bir arıza vukuunda, rezervuarın havuzunda mevcut su miktarı nisbetinde yedek bir enerji bulundurulmuş olur. Bu suretle, havuzda takriben bir saatlik kadar bir yedek su bulundurulduğu takdirde türbinimiz bu müddet zarfında sisteme lâzımgelen enerjiyi kolaylıkla sağlar. Böylelikle, basınç altında kazan ve türbin ihtiva edecek olan «sıcık yedek»e lüzum kalmaz ve masraftan hidrolik rezervuar yardımıyla ortadan kalkmış olur.

7 — Puant zamanlarında her ne kadar reaktif güce* lüzum yoksa, alçak yük esnasında coş f düşmüş olacağından, enterkoneksiyon şebekesinin ihtiyacı olan reaktif güç, hidrolik enerji rezervuarının senkron makineleri tarafından sağlanır.

8 — Bu günkü durumda, enterkoneksiyon sistemlerinin yük ayarlamaları bütün santrallerin işbirliğiyle yapılabilmektedir. Hidrolik enerji rezervuarı burada da probleme en müsait hal tarzını vermektedir.

Rezervuar, güç, gerilim ve frekans ayarlamalarını üzerine alarak sistemin diğer santrallerinin

değişmez yük altında çalışabilmelerini mümkün kılmaktadır.

9 — Enerji taşıma hatları halen en yüksek yüke göre (Hatta biraz da yedeği ile) hesaplanmak mecburiyetindedirler. Zira bu suretle hatlar en yüksek enerjiyi taşımağa hazır durumda kalmak zorundadırlar. Halbuki, bu hatlar en yüksek yük yerine sürekli ortalama bir yüke göre hesaplanabildikleri takdirde, (Salt tesisleri, trafolar hava hatları---) yatırımlarının o nisbette azalacağı tabiidir.

H. Ana Hesaplar :

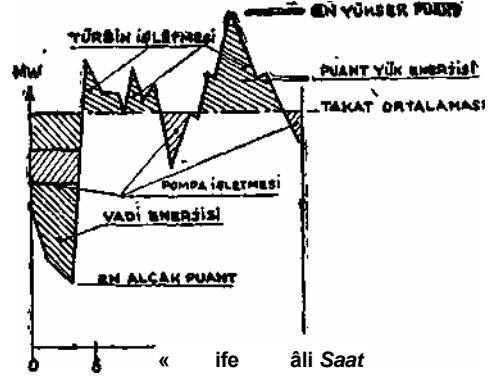
Genel olarak hidrolik enerji rezervuarının çeşitli tipleri mevcuttur. Meselâ; Bir çok hallerde yukarıdaki havuz, bir çay veya dereden gelen bir akımla beslenmektedir. Bu sebeple, konumuz, yalnızca enerji rezervuarı olarak çalışan tesislere inhisar edecektir.

Hidrolik rezervuarları, işletilmeleri bakımından üç guruba ayırmak mümkündür: -

- 1) Günlük,
- 2) Haftalık,
- 3) Uzun süreli

hidrolik enerji, rezervuarları---

En ekonomik olmaları dolayısıyla en ziyade kullanılanlar haftalık olanlardır. Bunların işletme grafikleri (Şekil 2 ve 3) de gösterilmiştir.



ŞEKİL • 2



Hidrolik enerji rezervuarının ayarlanma işinin kısa bir zamanda mümkün olabildiği bu grafikler-

Bu enerjinin, başka bir ifadesi

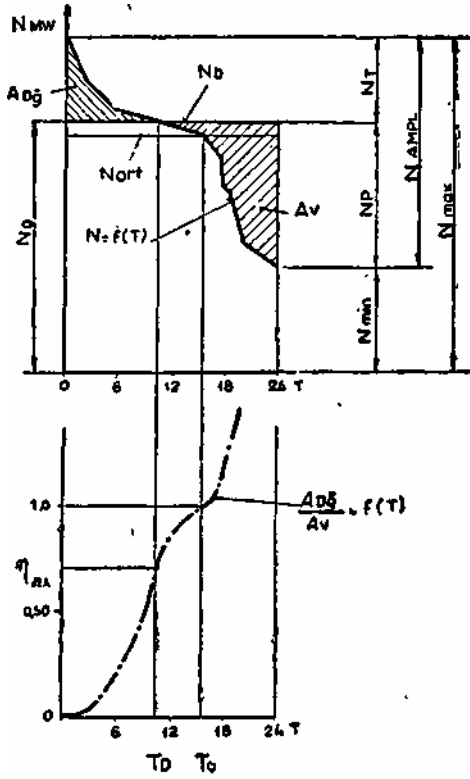
$$A_v = N_{ort} (T - T_0) \quad [N]$$

Ortalama N_{or} gücü altında bulunan ve kullanılmayan enerjiye «Vadi Enerjisi» denilmektedir.

Bir A_v Vadi enerjisinden enterkoneksiyon sistemine geri verilecek $A_{J.J}$ enerjisi miktarı (Kwh olarak) :

$$HEA = \int_{T_0}^{T_D} dtg$$

Buna göre tatbik edilen hesap metodu (Şekil 5) de gösterilmiştir :



Şekil : 5

Yukarıda bahsedilen, sıralanmış güçler eğrisinin T ye göre kesitleri alınır. Bundan $A_{J.J}$ ile A_T arasındaki orantı bulunur.

$$A_{dağ} = f(T)$$

$A_{dağ}$ eğrisi çizilir. Bu eğrinin en önemli parçası 0,5 ile 1,0 arasındadır. Hidrolik enerji rezervuarının işletme randımanı 0,7 kabul edilirse, bundan daimi güç N_D ile bu daimi güce bağlı T_D bulunur.

$N_D > N_{or,4}$ Bu takdirde tKwh olarak) :

$$A_{dağ} = \int_{T_0}^{T_D} N dt - N_D \cdot T_D \quad ve,$$

$$= N_D \cdot (T - T_D) - N \cdot \int_{T_D}^T A_v dt$$

Eğri elde olduğu takdirde, plânimetre usuliyile hesap kolayca yapılmış olur.

T_D nin değeri yeter bir hassasiyle hesaplanırsa :

$$\frac{Q \cdot ft}{\rho} = \frac{A \cdot 1-TIFA}{n \cdot E \cdot A}$$

bulunan bu rakamlarla, hidrolik enerji rezervuarının ana ölçülerini hesaplamak mümkün, olur :

Türbinin gücü . . . KW : $N_T = N_{or} \cdot \dots - N_D$

Pompanın gücü . . . KW : $N_P^T = N_D - N_{ni}$

Hidrolik enerji rezervuarlarındaki önemli bir husus da, «Faydalı kullanma süresi» dir. Bunun hesabı :

$$\frac{A_{dağ}}{N_T} \quad (h)$$

$(A_{dağ})$: Ambarda bulunan enerji miktarı (Kwh)

(N_T) : Türbinin nominal gücü (Kw)

Hidrolik enerji rezervuarının yukarı havuzundaki su miktarı •

$$H = \frac{A \cdot 367}{g} H \quad (m^3)$$

g . Emniyet faktörü, bunun ve olduğunu (Mad. 5) te görmüştük. Değeri

1.1 — 1,2 olabilir. Kullanılacak

türbinlerin özgül devir sayısı :

$$= \dots n n.$$

n^y Tesiste kullanılması lâzımgelen senkron makinenin devir sayısı (devir/dak.) dir. Bu devir umumiyetle 375 — 750 d/dak. ve çift kutup sayısı da 16 — 8 arasındadır

N_T Beygir olarak (PS) hesap edilir H_T ise, türbinin çalışması esnasında ve cebri borunun türbine girişindeki metre olarak basınçtır. H_T Hidrolik enerji rezervuarının (H_m) statik düşüşünden azdır. Genel hesaplarda.

$$H_m \quad (m.)$$

$$H_T =$$

>]CB — mn değeri, randıman cetvelinden bulunur.

Kullanılacak pompaların özgül devir sayısı :

$$3.65 \cdot n \cdot V \cdot N_p \cdot H_p \quad (\text{devir/dak.})$$

N_p Beygir gücü (PS) olarak alınır.

H_p ise, pompanın çalışması esnasında cebrî borunun pompaya girişindeki metre olarak basınçtır. Ve aşağıdaki formül ile hesaplanır :

$$H_p = \quad (\text{m})$$

H_p nin H_m den yüksek olması lâzımdır.

Türbin ve pompaya ait hesaplardan burada bahsetmiyeceğiz.

III. Reversibl Makineler :

Son zamanlarda bazı hidrolik enerji rezervuarında Reversibl makinelerden istifade edilmektedir. Bunların üç cinsi vardır; Birisi Kaplan türbinlerinin sistemi gibi çalışır, rotor kanatlarının ayarlanması her ki tarafa da olabilir. Bu cihaz alçak düşülerde kullanılır. Türbin veya pompa olarak çalışması halinde dönme yönü aynıdır.

Orta düşülere ait yeni bir patenti, M. D<5riaz bulmuştur. Bu cihazın sistemi Kaplan ile Francis arasında olan Semi - Axial (yarı - aksenal) sistemidir. Rotor kanatları yalnız bir yönde ayar edilebilir. Bunun için Rotorun dönme yönü türbin halinden, pompa haline geçtiği zaman ters olur.

Orta ve yüksek düşüler için pompa y Türbin sistemi kullanılır. Rotoru tek veya fazla kademeli olabilir. Dönme yönü her iki hal için ters olur. Bu tertip genel olarak Francis sistemine benzer racli- al tiptir.

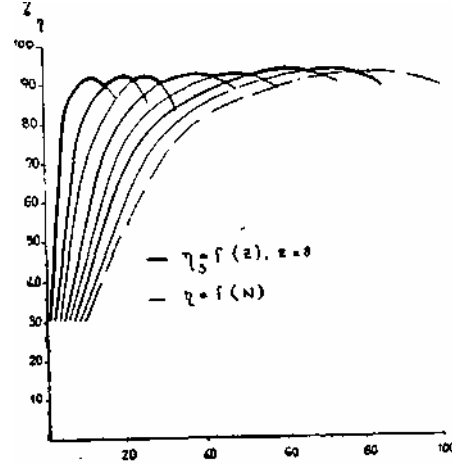
Son iki tip tesisin işletilmesi basit değildir. Makinenin türbin halinden pompa haline geçmek için, şebeke tarafından faz değiştirilmesi lüzumludur. Mekanik bakımdan yataklar hassastır Reversibl tip makinelerin ana rakamları aşağıdaki cetvelde gösterilmiştir.

Cins	Düşü
Kaplan (axial)	10 — 15 m
D6riaz (semi axial)	--; 100 m
Francis (radial)	^ 500 m

IV. Kullanılacak makinaların sayısı :

Hidrolik enerji rezervuarlarında kullanılması icabeden makine sayısı, kendi randıman grafikle-

rinden bulunabilir. Misal olarak bir Francis türbinin randıman eğrisi, (şekil : 6) da gösterilmiştir. Bu grafikten de görüldüğü gibi türbin sayısı arttıkça toplam randıman yükselir. Kaç adet türbin kullanılacağı hususu, hidrolik enerji rezervuarının işletme metoduna bağlıdır. Sabit yükte işletilen bir santralda kullanılan türbin sayısı ile değişik yüklerde işletilen bir santralda kullanılan türbin sayısı başka başka olur



ŞEKİL 6

Genel olarak hidrolik santrallarda türbinler çok değişik yükler altında çalıştırılırlar Bundan da anlaşılır ki, türbinin işletme randımanının en az yükten tam vüke kadar yüksek olması lâzımdır.

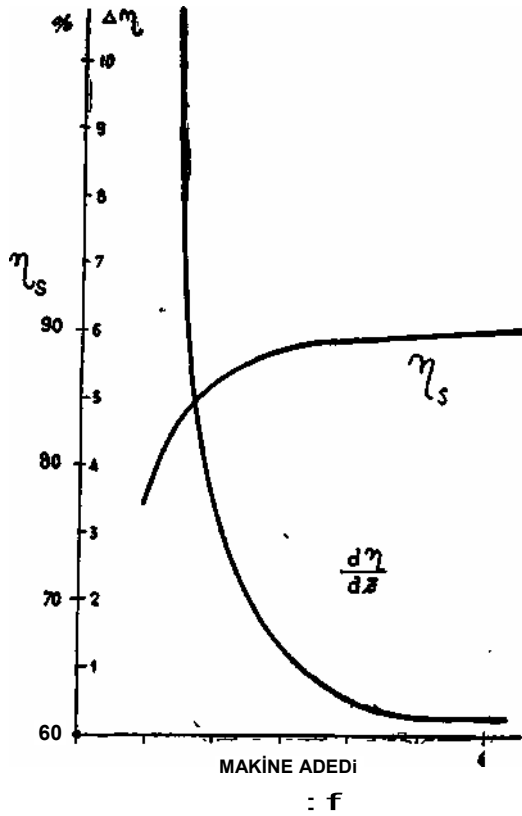
Bir tesisin türbin sayısına göre randımanının değişimi, (Şekil. 6) de gösterilmiştir Teorik olarak güç, (N) eksenine paralel bir âzami randıman eğimi elde etmek için, sonsuz sayıda türbin kullanılması lâzımdır Böyle bir tesis en az yükten, tam yüke kadar âzami randıman ile çalışabilir.

Yüksek randıman elde etmek için fazla sayıda türbinin kullanılması tabii, ekonomik değildir

En ekonomik türbin sayısının seçiminde yol gösteren metod (Şekil. 7) de görülmektedir $T_{jj} = f(Z)$ görüldüğü gibi eğrisi makine sayısının fonksiyonudur. Eğrinin incelenmesinden görülmüyor ki, makine sayısı 5 ı geçince, randıman'da büyük bir değişiklik olmuyor.

V. Ekonomik hesaplar :

Evvelki bölümlerde hidrolik e'nerji rezervuarlarına ait bütün esaslı unsurların hesabını gördük Bu gibi tesislerin ekonomik hesapları da aynı derecede mühimdir. Bu hususta en ekonomik bir çözüm için (Şekil 8) görülen grafikler yol göstermektedirler Bu problem Macar Elektrik Mühendislerini çok meşgul etmiştir



Şekil. 8 deki (a) grafiğinde, zamana tâbi olarak güç eğrisi gösterilmiştir. (Sıralanmış güçler eğrisi), (b) Grafiğinde yüke tâbi olarak Rwh maliyeti eğrisi gösterilmiştir. Bu iki eğrinin birleştiğinden enerji istihsaline ait günlük masrafları gösteren (c) grafiği elde edilir.

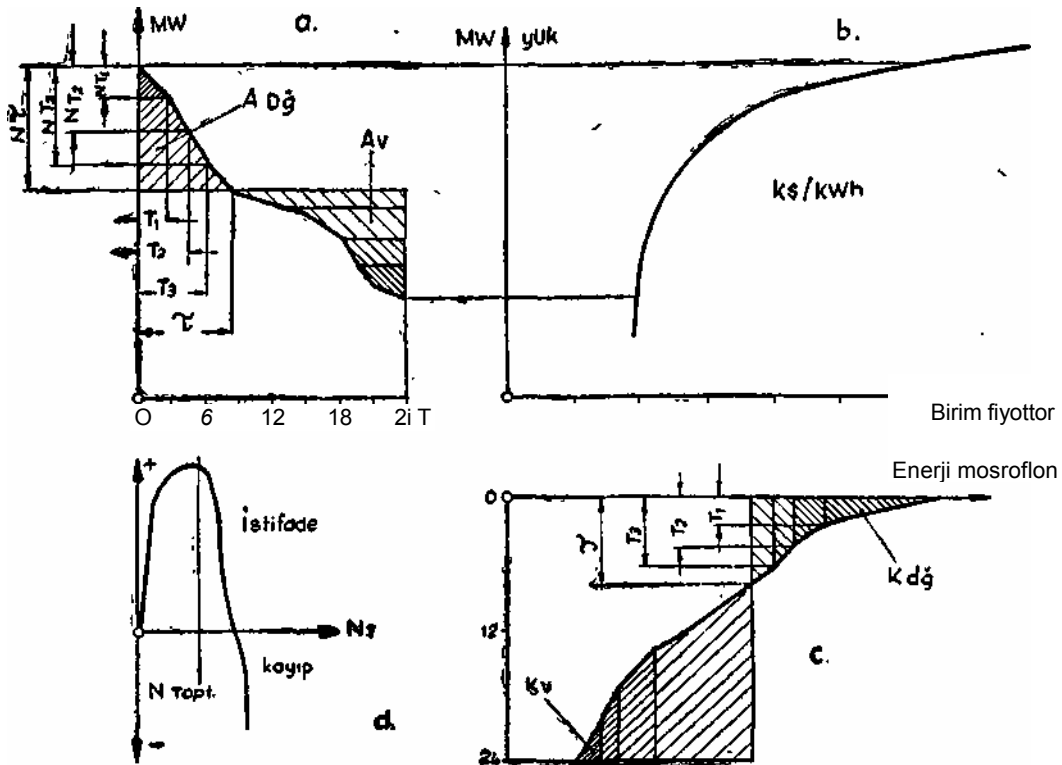
(c) grafiğinde (K_{dH}) puant enerji değeri $U_e(K_v)$ enerji masraflarını gösteren değerler bulunmaktadır. Hidrolik enerji rezervuarının bunlara bağlı olan ayrıca (K_{HEA}) ü gösterilen kendi masrafları da vardır.

Bunlara göre «ide edilen istifade :

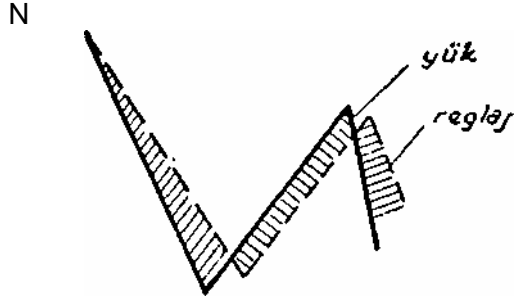
$\text{ÖHEA} = K_{dH} - (K_v + K_{HEA})$ formülü ile hülâsa edilebilir. ÖHEA her hangi bir N T kesitine aittir. Bunlar $T_1 - T_2 \dots$ vs. zamanlarına göre tertip edilmişlerdir. ($N T_1 - N T_2 \dots$ v.s.) elde edilen neticeler yeni bir grafikteki (d), eğri ile gösterilmiştir. Bir (T) zamanında enterkonneksiyon sisteminin yükü bir doğru çizgi olarak çıkabilir. Fakat en ekonomik noktanın bu (T) zamanından evvel olması lâzımdır, (d) eğrisinde bu en ekonomik nokta (N_{TOPT}) ü işaretlenmiştir.

Görülüyor ki, hidrolik enerji plânlamadaki en ekonomik değeri bu metot yardımı ile elde edilebilir.

Önsözde No. 3 te, termik santrallerin ayarlanmalarındaki kayıptan bahis etmiştik. Bu şekil, 9 da



Şekil : 9



ŞEKİL ; 9

gösterilmiştir. Şekildeki kalın çizgi yük değişimi, ne, kesik çizgiler ise tesisin zamana bağlı olarak ayarlanmasına aittir. Görüldüğü gibi bu iki çizgi arasında daima bir kayma vardır. Macaristan'da yapılan etütlere göre, bu kaymadan doğan kayap-

lar % 3 — %5 arasında değişir. İşte Hidrolik enerji rezervuar tesisleri ile bu kayıplar önlenir.

VI. Uygulama sonuçları :

Buraya kadar, mevzumuz olan tesislerden genel ve teorik olarak bahsettik, Şimdi, bu tesislerin Almanya'da tatbikatta kullanılanlarına ait bir cetvel vereceğiz. Bu cetvel hidrolik enerji rezervuarlarının tarih sırası ile gelişmesi gösterilmiştir.

Bütün dünyada buna benzer bir çok tesis yapılmış ve yapılmaktadır. Görüşüme göre bu şekildeki tesislerin yakın zamanda kurulması Türkiye için de çok faydalı olacaktır. İlk olarak bu gibi tesislerin İstanbul ve Ankara gibi büyük enerji sarf merkezleri için göz önüne alınması ve bunların inşası çok yerinde olacaktır. Kurulacak böyle bir tesis yeri için en müsait bölge, İstanbul Boğazı etraflarının hem enerji, hem de coğrafi bakımından en uygun yerler olduğu kanaatindeyim

Hidrolik enerji rezervuarı hakkında kısa ve genel olarak verdiğim bu yazım ile Türk meslektaş dostlarıma faydalı olabildi isem, çok bahtiyar olurum.

C i n s	Birim	İ n ş a a t d u r u m u			
		1931	1955-58	19*2-65	Proje
^N T Tesis	MW	124,5	1'18,0	475	390
^N p- Tesis	MW	131,0	143,0	428	348
Nampl, Tesis	MW	255,5	291,0	901	738
t Çaişma zam.	Saat	4,28	4,3B	5,30	fi,33
T Makine	MW	26/0	\ 3' ,20	67,30	78 10
Z Makine sayısı	Adet	4,67	4,*3	7,0	5 0
^N / ^N P / T		1,05	0,97	0,°1	0,89

Cetveldeki rakamlar, ortalama değerlerdir