

Mesut SEZER  
4801220298

Final Sınavı

ELMH7003  
Ener. Sist. İsl.

(1)

# C1) Problem 4.1

Period	1	2	3	4	5	6
Load forecast (MWh)	120	230	310	240	135	110
Avg. cost (\$/MWh)	22,5	24,5	29,3	25,2	22,1	21,9
Actual Load (MWh)	110	225	330	250	125	105
Spot Price (\$/MWh)	21,6	25,1	32	25,9	22,5	21,5

Cheapo Electronics şirketi müşterilerine 24,00 \$/MWh olarak elektrik enerjisi sunmayı düşündü. Müşterilerin belirlenen saatte talep ettikleri güç, bu maliyete göre hesaplanmaktadır;

Period	1	2	3	4	5	6	Toplam
Gelir (24 \$ x Act. Load)	2640	5400	7920	6000	3000	2520	27480 \$
Fark (Load for. - Act. Load)	10	5	-20	-10	10	5	
Fark Maliyeti (Fark x Spot Price)	216	125,5	-640	-259	225	107,5	
İk. Pazar Maliyeti (Avg. cost x Load. forecast)	2700	5635	9083	6048	2987,5	2409	28933,5 \$
Fark (Kar/Zarar)	156	-1095	-1803	-307	106,5	218,5	-1738,5 \$ zarar

$$\text{İlave Maliyet } \$/\text{MWh} = \frac{\sum \text{Fark (Kar/Zarar)}}{\sum \text{Actual Load (Sold)}} = \frac{1738,5 (\$)}{1145 (\text{MWh})} = 1,52$$
$$\text{Yerli maliyet} = 25,2 \$/\text{MWh}$$
$$\text{Maliyet} = 24 + 1,52 = 25,52$$

C2) Problem 4.3

Bu problemi çözmek için Problem 4.2 'de verilen hesaplama üzerinden hareket ederek 200, 300, 400 ve 500 MW noktalarından quadratic fonksiyon ile operasyonel kar/zarar durumunun hesaplanması istendiğinden öncelikle;

input-output curve denklemini üzerinden hesaplama başlanır:

$$H(P) = 120 + 9,3P + 0,0025P^2 \text{ MJ/h}$$

Denklem ile 6 saatlik periyottaki maliyet;

Soruda gaz maliyeti verilmiştir =  $1/2 \$/\text{MJ} = F$

$$C_1(P_1) = 120 \cdot F + 9,3 \cdot F \cdot P_1 + 0,0025 \cdot F \cdot P_1^2 (\$/h)$$

$$C_1(P_1) = 144 + 11,16 \cdot P_1 + 0,003 \cdot P_1^2$$

$$\frac{dC_1(P_1)}{d(P_1)} = 11,16 + 0,006 P_1$$

$$\left. \frac{dC_1(P_1)}{d(P_1)} \right|_{500 \text{ MW}} = 11,16 + 0,006 \cdot 500 = 14,16 \$/\text{MJ/h}$$

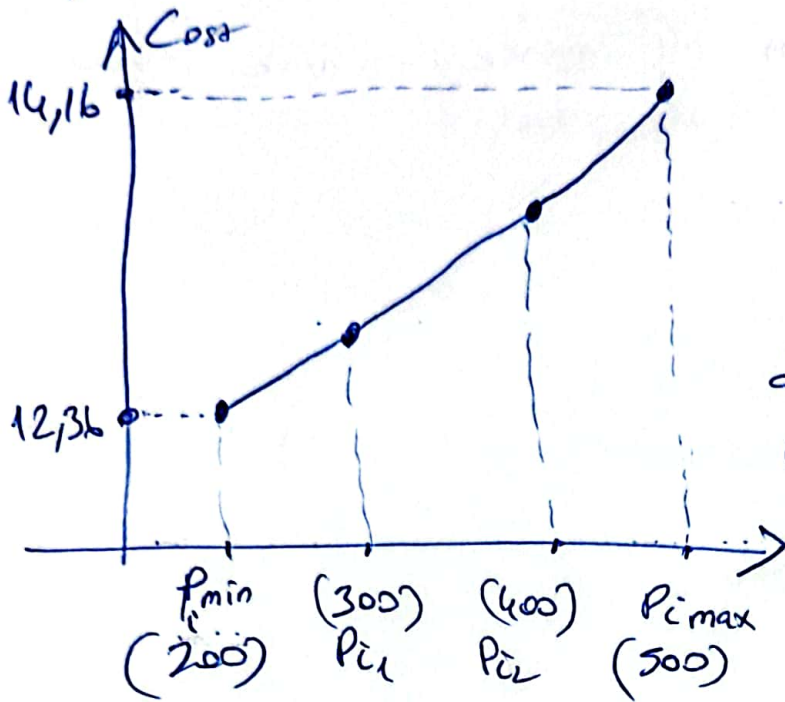
$$\left. \frac{dC_1(P_1)}{d(P_1)} \right|_{200 \text{ MW}} = 11,16 + 0,006 \cdot 200 = 12,36 \$/\text{MJ/h}$$

Period	1	2	3	4	5	6
Fiyat	12,5	10	13	13,5	15	11

devam



## C2) Problem 4.3 devam



Input-output curve  
denklemleri yardımıyla türbinin  
max-min aralığı tespit  
edilir

Period	1	2	3	4	5	6
Price	12,5	10	13	13,5	15	11
MW	223,33	200	306,66	390	500	200
Gelir	2786	2496	3848,5	4953	6474	2496
Maliyet	2286	2496	3848,5	5265	7500	2200

Bu tabloya göre kümülatif gelir 690,06 \$ bulunur.  
Ayrıca soruda 200, 300, 400 ve 500 MW güçlerindeki quadratik  
fonksiyon yardımıyla hesaplanacak maliyet istenildiğinden;

Period	1	2	3	4	5	6
Price	12,5	10	13	13,5	15	11
MW	200	200	200	400	500	200
Gelir	2500	2000	3900	5400	7500	2200
Maliyet	2496	2496	3762	5088	6474	2496
Startup	0	0	0	0	0	0
Toplam	4	-496	138	312	1026	-296
Kümülatif Toplam	4	-492	-354	-42	984	688

Kümülatif maliyet = 688 \$'dır.

# C3) Problem 4.5

Mesut Sever  
(4)

Problem 4.4 üzerinden gidilerek yeni bir koşul altında yeriden hesaplama yapılması istenilmektedir. Problem 4.4 ile veriler ışığında maliyet berrli bir planlama ile sistemin ne zaman devreye girebilecegi ve etkisi gercektigi sorulduğundan;

Period	1	2	3	4	5	6
Fiyat --	12,5	10	13	13,5	15	11
MW ---	0	0	300	400	500	0
Maliyet --	0	0	3762	5088	6474	0
Gelir --	0	0	3900	5400	7500	0
Startup	0	0	500	0	0	0
Toplam maliyet	0	0	4262	5088	6474	0
Net gelir	0	0	-362	312	1026	0
Kümülatif	0	0	-362	-50	976	976 \$

Sistemin maliyeti olan 12,3 \$/mw üzerinden fiyat olan 3. saatte (13\$) sistemin devreye girer ve fiyatın 11 \$'a düşüşü 6. saat başında devreden çıkar. Problem 4,5'te ise sistemin en az 4 saat devrede kalması durumunda hesaplamaların nasıl değişeceği sorulmaktadır; Period 6 stop etmek yerine çalışmaya devam edecektir. Period 6 11 \$ olmakla sistemin zarar etmesine sebep olacağından sistemin minimum yükte (200mw)

devam >>



C3) devam

Mesut Sezer  
(5)

Period	1	2	3	4	5	6
	12,5	10	13	17,5	15	11
MW	0	0	300	400	500	200
maliyet	0	0	3762	5088	6474	2496
Gelir	0	0	3900	5400	7500	2200
Startup cost	0	0	500	0	0	0
Kar/zarar	0	0	-362	312	1026	-296
kümülatif	0	0	-362	-50	976	<u>680</u> \$

C4) Problem 4.7

Burada öncelikle problem 4.6 'da bahsedilen Borduria Generation şirketinin sahip olduğu 3 ünitenin 350 MW yükü en az maliyetle nasıl karşılayacağını bulmamız gerekeceğinden ;

$$\text{Unit A} = 15 + 1,4 P_A + 0,04 P_A^2 \text{ \$ / h}$$

$$\text{Unit B} = 25 + 1,6 P_B + 0,05 P_B^2 \text{ \$ / h}$$

$$\text{Unit C} = 20 + 1,8 P_C + 0,02 P_C^2 \text{ \$ / h}$$

bu tür optimizasyon sorunlarında Lagrangian fonksiyonu kullanılır ;

$$Q = C_A(P_A) + C_B(P_B) + C_C(P_C) + \lambda (L - P_A - P_B - P_C) \rightarrow (350 \text{ MW})$$

Kısmi türevlerini almalıyız ;

$$\frac{\partial Q}{\partial P_A} = 1,4 + 0,08 P_A - \lambda = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial P_B} = 1,6 + 0,1 P_B - \lambda = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial P_C} = 1,8 + 0,04 P_C - \lambda = 0$$

devam

c4). devam

Mesut Sezer  
⑥

Kümü ilgili denklemleri çözülürken

$$\lambda = 9,02 \text{ \$/MWh bulur } L = 350 \text{ MW}$$

bu maliyete göre  $P_A = 95,7$ ;  $P_B = 74,2$  ve  $P_C = 180,5$  MW  
şirketlerde çalışmakta iken problem 4.7'de şirketin  
Spot piyasada  $8,20 \text{ \$/MWh}$  fiyatla elektrik satın alma  
fırsatı olduğu belirtilmekte, bu durumda;

$$\text{Unit A} = \frac{8,2 - 1,4}{0,08} = P_A = 85 \text{ MW} \quad \text{Ahen } \Sigma(P_A + P_B + P_C) =$$

$$\frac{8,2 - 1,6}{0,11} = P_B = 66 \text{ MW}$$

$$\Sigma = 311$$

$$MS = 350 - 311$$

$$\frac{8,2 - 1,8}{0,04} = P_C = 160 \text{ MW}$$

$$= 39 \text{ MW}$$

Spot marketten 39 MW alınacaktır.

Maliyetleri bulmak için denklemlerde yerine  
koyalım;

$$\text{Unit A} = 15 + 1,4 \times 85 + 0,04 \times 85^2 = 423$$

$$\text{Unit B} = 25 + 1,6 \times 66 + 0,05 \times 66^2 = 348,4$$

$$\text{Unit C} = 20 + 1,8 \times 160 + 0,02 \times 160^2 = 820$$

$$\text{Spot market} = 8,2 \times 39 = 319,8$$

$$\text{Toplam maliyet} \quad \underline{1311,2 \text{ \$/h}}$$



# c5) problem 4.9

Mesut Sezer  
(7)

problem 4.8'deki koşulların  $P_{A \max} = 100 \text{ MW}$ ,  $P_{B \max} = 80 \text{ MW}$ ,  
ve  $P_{C \max} = 250 \text{ MW}$  olması durumunda tekrarlanması istenilmektedir,  
problem 4.8 ise problem 4.6 ve 4.7'deki koşullara ilahten  
üreticinin  $10,20 \text{ \$ / MWh}$  üzerinden satış durumunu sormaktadır;

$$P_A = \frac{10,2 - 1,4}{0,08} = 110, \quad P_D = \frac{10,2 - 1,6}{0,1} = 86, \quad P_C = \frac{10,2 - 1,8}{0,02} = 210 \text{ iken}$$

$$\left( \frac{\partial L}{\partial P_A} = 14 + 0,08 P_A - 2 = 0 \right)$$

$$\text{Toplamda} = 110 + 86 + 210 = 406 \text{ MW üretim yapmakte,}$$

Bunun  $350 \text{ MW}$  anlaşılmalı olduğundan;

$$\text{Kalan satılabilir güç} = 406 - 350 = 56 \text{ MW anlık;}$$

problem 4.9 bu problemi bazı limitlemelerle tekrar  
hesaplamak gerektiğini söylediğinden,

$$P_A^{\max} = 100, \quad P_B^{\max} = 80 \text{ ve } P_C^{\max} = 250 \text{ iken}$$

$$\rightarrow \text{anlık } P_C^{\max} = 210 \text{ MW}$$

$$\Sigma (P_A + P_D + P_C) = 390 \text{ MW}$$

$$[100 + 80 + 210]$$

$350 \text{ MW}$  anlaşılmalı müsteriye verileceğinden;

$$\text{Satılabilir Enerji} = 390 - 350 = 40 \text{ MW}$$

	Ünite A	Ünite B	Ünite C	Diyarşaya
Güç	100	80	210	40
Maliyet	555 ( $15 + 1,4 \times 100 + 0,04 \times 100^2$ )	473 ( $25 + 1,6 \times 80 + 0,05 \times 80^2$ )	1280 ( $20 + 1,8 \times 210 + 0,02 \times 210^2$ )	

Toplam maliyet =  $2308 \text{ \$}$  (Yeni duruma göre oluşan)

Önceki maliyet =  $1927,23 \text{ \$}$  (Önceki problemde hesaplanan)

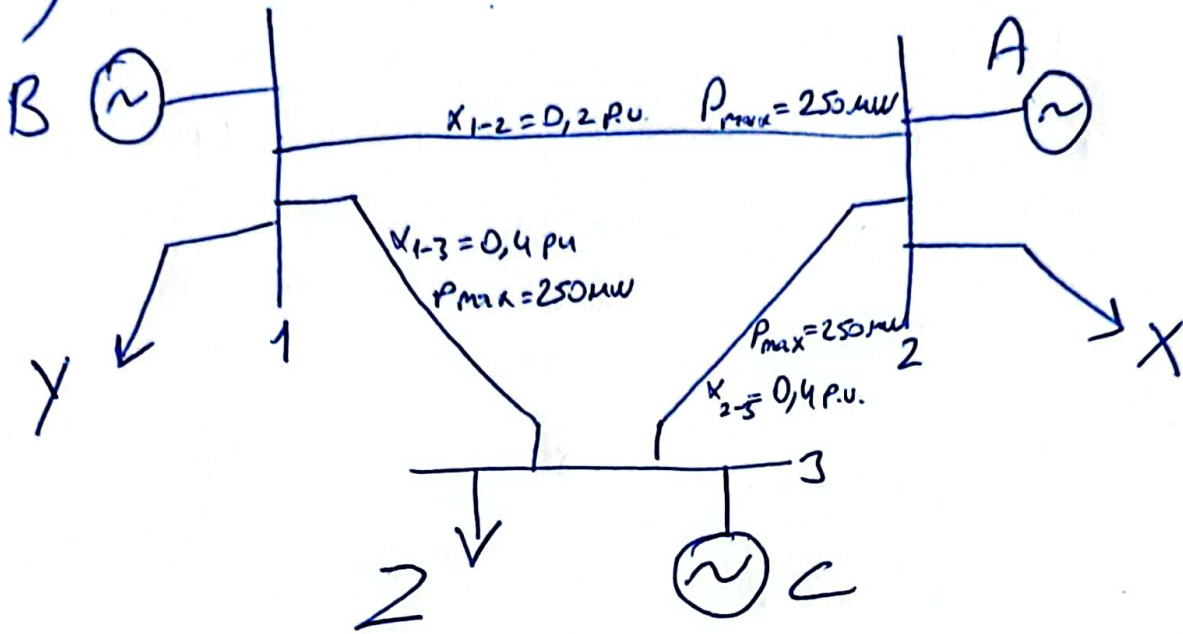
Fark maliyet =  $380,768 \text{ \$}$

Satış geliri =  $40 \times 10,2 = 408 \text{ \$}$

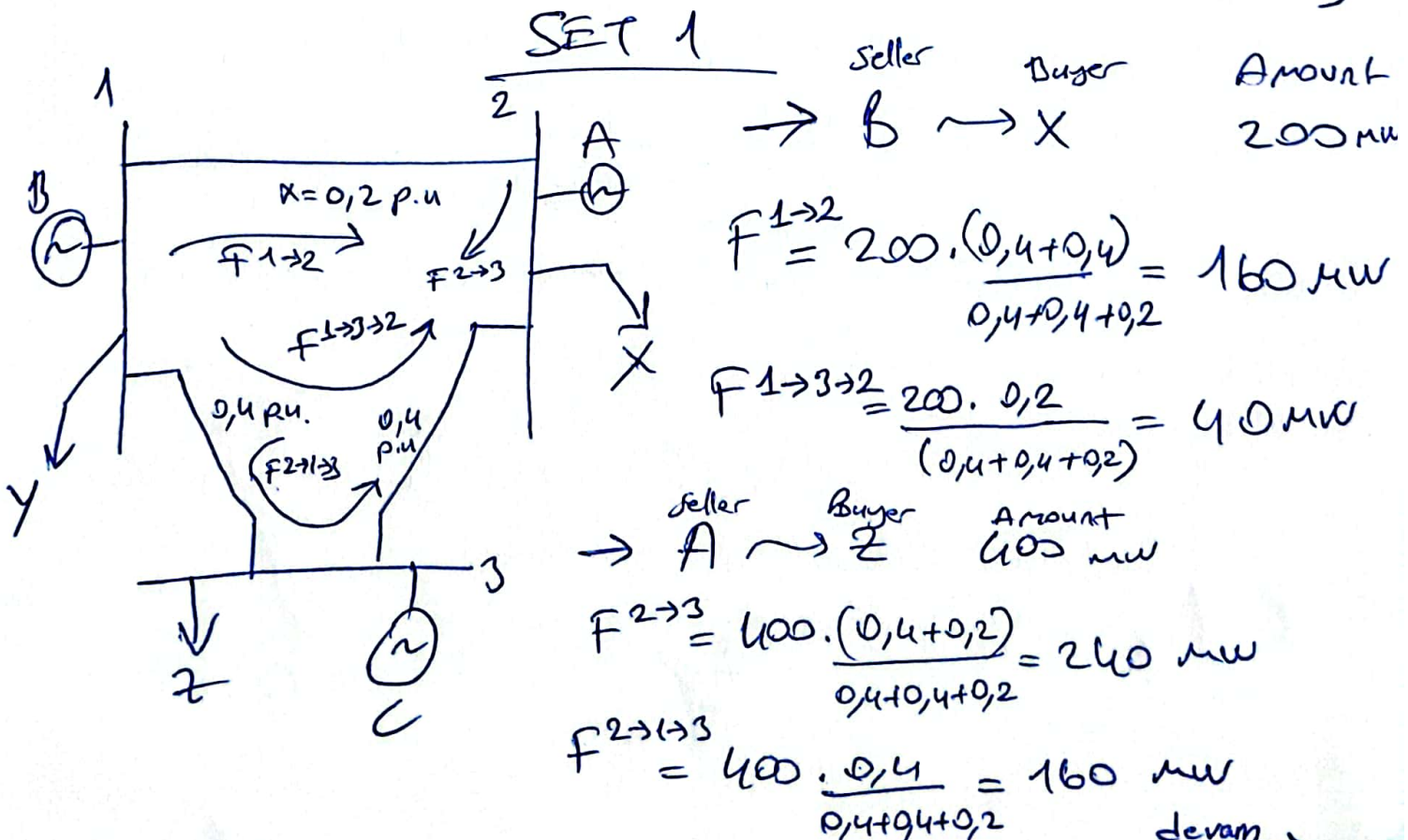
Net kazanç =  $480 - 380,768$   
=  $79,23 \text{ \$}$

c6) Problem 5.1

Mesut Sezer  
(8)



Problemde şekilde verilen güç sisteminin termal akım taşıma kapasitesi ile reaktif enerji sınırlamaları dikkate alınarak üreticiler ve müşteriler arasındaki ödemelerin bir alınacağı güç akışlarının tablosu olarak belirlenerek fizibilite sınırı yapılması istenilmektedir, ancak reaktif enerjinin dikkate alınmadığı vurgulanmış bölgeler;





C6) Problem 5.1 Seller C  $\rightarrow$  Buyer Y Amount 300 Mesut Sezer 9

$$f^{3 \rightarrow 1} = 300 \cdot \frac{0,6}{1} = 180 \text{ mW}$$

$$f^{3 \rightarrow 2 \rightarrow 1} = 300 \cdot \frac{0,4}{1} = 120 \text{ mW}$$

Ulkü alu? yönlerine göre pozitif veya negatif  
işaret koymak suretiyle analiz edip tabloya yerleştirir;  
(1-2 arası iletim hattı) SET 1

	<u>1 <math>\rightarrow</math> 2</u>	<u>1 <math>\rightarrow</math> 3</u>	<u>2 <math>\rightarrow</math> 3</u>
B $\rightarrow$ X	160	40	-40
A $\rightarrow$ Z	-160	160	240
C $\rightarrow$ Y	-120	-180	-120
$\Sigma$	-120	20	180

SET 1 analiz edildiğinde azami sınırı aşmamaktadır,

SET 2

< 250 mW ( $P_{max}$ )

B  $\rightarrow$  Z (600)

A  $\rightarrow$  X (300)

A  $\rightarrow$  Y (200)

$$f^{1 \rightarrow 3} = 600 \cdot 0,6 = 360 \text{ mW}$$

(Aynı barada)

$$f^{2 \rightarrow 1} = 200 \cdot 0,8 = 160 \text{ mW}$$

$$f^{1 \rightarrow 2 \rightarrow 3} = 600 \cdot 0,4 = 240 \text{ mW}$$

$$f^{2 \rightarrow 3 \rightarrow 1} = 200 \cdot 0,2 = 40 \text{ mW}$$

A  $\rightarrow$  Z (200)

$$f^{2 \rightarrow 3} = 200 \cdot 0,6 = 120 \text{ mW}$$

$$f^{2 \rightarrow 1 \rightarrow 3} = 200 \cdot 0,4 = 80 \text{ mW}$$

devam  $\rightarrow$

C6) Problem 5.1  
devam

SET 2

Metin Sezer  
(10)

	<u>1→2</u>	<u>1→3</u>	<u>2→3</u>
B→Z	240	360	240
A→X	-	-	-
A→Y	-160	-40	40
A→Z	-80	80	120
$\Sigma$	101	400	400

SET 2 1-3 ile 2-3 arasındaki  $P_{max} \geq 250 \text{ MW}$  değerlerini karşılamaz. Fizibilite uygun değildir.

SET 3

C→X (1000)

$$f^{3 \rightarrow 2} = 1000 \cdot 0,6 = 600 \text{ MW}$$

$$f^{3 \rightarrow 1 \rightarrow 2} = 1000 \cdot 0,4 = 400 \text{ MW}$$

X→Y (400)

$$f^{2 \rightarrow 1} = 400 \cdot 0,8 = 320 \text{ MW}$$

$$f^{2 \rightarrow 3 \rightarrow 1} = 80 \text{ MW}$$

B→C (300)

$$f^{1 \rightarrow 3} = 300 \cdot 0,6 = 180 \text{ MW}$$

$$f^{1 \rightarrow 2 \rightarrow 3} = 300 \cdot 0,4 = 120 \text{ MW}$$

	<u>1→2</u>	<u>1→3</u>	<u>2→3</u>
C→X	400	-400	-600
X→Y	-320	-80	80
B→C	120	180	120
A→C	-80	80	120
A→Z	-40	40	60
$\Sigma$	80	-180	-220

A→C (200)

$$f^{2 \rightarrow 3} = 200 \cdot 0,6 = 120 \text{ MW}$$

$$f^{2 \rightarrow 1 \rightarrow 3} = 200 \cdot 0,4 = 80 \text{ MW}$$

A→Z (100)

$$f^{2 \rightarrow 3} = 100 \cdot 0,6 = 60 \text{ MW}$$

$$f^{2 \rightarrow 1 \rightarrow 3} = 100 \cdot 0,4 = 40 \text{ MW}$$

SET 3 her bir iletim hattı da  $P_{max} < 250$  old. nedenle sorun olmadan uygulanabilir.

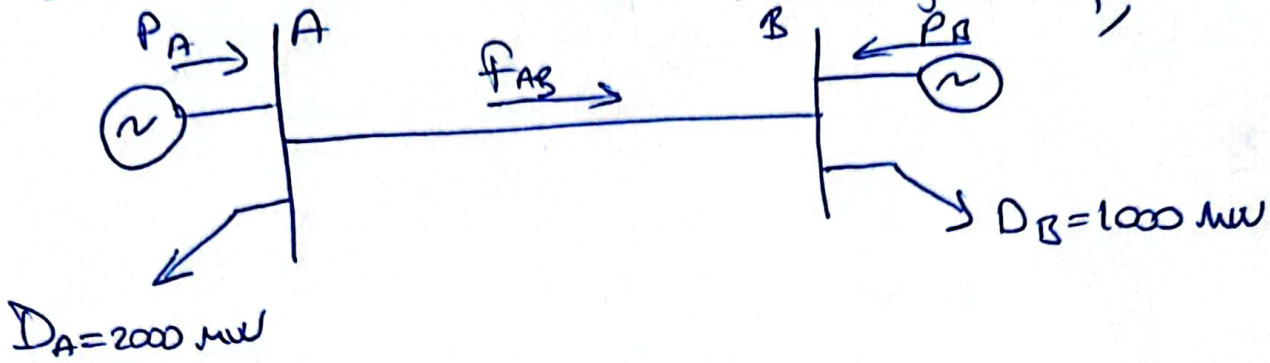


# C7) Problem 5.3

Merut Sezer

(11)

problem 5.2 'de belirtilen durumlardaki  
generatör üretim kısımları istenildiğinden,



(a) A-B arası hat açık;

$$MC_A = 20 + 0,03 \cdot 2000 = 80 \quad \text{then } \pi_A = 80 \$/MWh$$

$$MC_B = 15 + 0,02 \cdot 1000 = 35 \quad \text{then } \pi_B = 35 \$/MWh$$

$$\text{Generatör geliri } (G_A) = 2000 \times 80 = 160.000 \$$$

$$\text{Gener. Geliri } (G_B) = 1000 \times 35 = 35.000 \$$$

(b) A-B hattı kapalı ve enerji akışı var;

$$\pi_A = \pi_B \text{ olmalıdır, } 20 + 0,03 P_A = 15 + 0,02 (3000 - P_A)$$

$$P_A + P_B = 2000 + 1000 = 3000 \text{ MW, } P_A = 1100 \text{ MW}$$

$$P_B = 3000 - 1100 = 1900 \text{ MW}$$

$$\pi_A = \pi_B = 20 + 0,03 \times 1100 = 53 \$/MWh$$

$$\text{Gener. Geliri } (G_A) = 1100 \times 53 = 58.300 \$$$

$$\text{Gen. Geliri } (G_B) = 1900 \times 53 = 100.700 \$$$

$$\text{Tüketici Ödemesi } (D_A) = 2000 \times 53 = 106.000 \$$$

$$\text{Tüketici Ödemesi } (D_B) = 1000 \times 53 = 53.000 \$$$

devam

c7) Problem 5.3  
devam

Mesut Serer  
(12)

- (C) Maliyet eşitliğinde Generator (B) daha ekonomik olduğundan 1900 MW verebiliyor. Eğer 1500 MW sınırı olursa, toplam 3000 MW güç eşit paylaşılar ancak burada maliyet değişir ;

$$\pi_A = \pi_B = 20 + 0,03 \times 1500 = 65 \text{ \$ / MWh}$$

$$P_A = 1500 \text{ MW} , P_B = 1500 \text{ MW}$$

$$\text{Generator Geliri (G}_A\text{)} = 1500 \times 65 = 97500 \text{ \$}$$

$$\text{Generator Geliri (G}_B\text{)} = 1500 \times 65 = 97500 \text{ \$}$$

$$\text{Tüketici (D}_A\text{)} = 2000 \times 65 = 130000 \text{ \$}$$

$$\text{Tüketici (D}_B\text{)} = 1000 \times 65 = 65000 \text{ \$}$$

Görüldüğü üzere (G<sub>B</sub>) güç sınırı maliyeti artırmıştır.

- (d) Bu kez Generator A azami 900 MW ile sınırlı ;  
(3000-900)

$$\pi_A = \pi_B = 15 + 0,02 \cdot 2100 = 57 \text{ \$ / MWh}$$

$$P_A = 900 \text{ MW} , P_B = 2100 \text{ MW}$$

$$\text{Generator Geliri (G}_A\text{)} = 900 \times 57 = 51300 \text{ \$}$$

$$\text{Gen. Geliri (G}_B\text{)} = 2100 \times 57 = 62700 \text{ \$}$$

$$\text{Tüketici (D}_A\text{)} = 2000 \times 57 = 114000 \text{ \$}$$

$$\text{Tüketici (D}_B\text{)} = 1000 \times 57 = 57000 \text{ \$}$$

devam



e) Bu kez  $P_{AB}$  hat kapasitesi 600 MW ile sınırlı;  
0 halde ekonomik koşullarda 1900 MW veristen  
generator (B) hatla 300 MW veriyordu. Hat 600  
MW ile sınırlı olursa  $\underline{900 - 600 = 300 \text{ MW}}$  yük  
düşmelidir.

$$P_B = 1900 - 300 = 1600 \text{ MW}$$

$$P_A = 1400 \text{ MW}$$

$$\pi_A = 20 + 0,03 \cdot 1400 = \underline{62 \$}$$

$$\pi_B = 15 + 0,02 \cdot 1600 = \underline{47 \$}$$

$$\text{Generator Geliri (G}_A\text{)} = 1400 \times 62 = 86800 \$$$

$$\text{Generator Geliri (G}_B\text{)} = 1600 \times 47 = 75200 \$$$

$$\text{Tüketici D}_A = 2000 \times 62 = 124000 \$$$

$$\text{Tüketici D}_B = 1000 \times 47 = 47000 \$$$

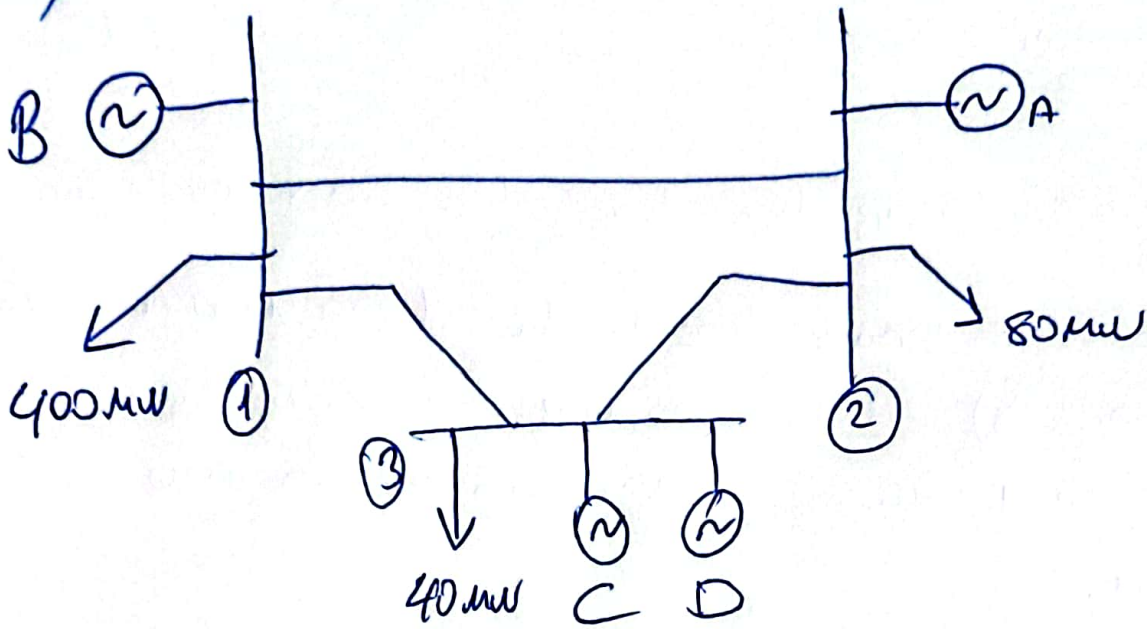
Yorum = Bu durumda A-B arasındaki hatla

Generator (B) kârlı olur fiyatlar arttığı için,  
aynı zamanda Tüketici (A) kârlıdır, piyasa  
fiyatı düşer.

C8) Problem 5.5

Merut Sezer

(14)



<u>Generatör</u>	<u>Kapasite (MW)</u>	<u>Maliyet \$/MWh</u>
A	150	12
B	200	15
C	150	10
D	400	8

Soruda sınırsız ekonomik dağıtım sergisiye sonuclugundan,

$$\text{Toplam Yük} = 400 + 80 + 40 = 520 \text{ MW}$$

En ekonomik ilk generatör kapasitesi;

$$P_C + P_D = 400 + 150 = 550 \text{ bu yük}$$

karşulamaya yeter olduğundan,

(Tam kapasite  
en ekonomik)

$$P_A = 0 \text{ MW}, P_B = 0 \text{ MW}, P_D = 400 \text{ MW}$$

$$P_C = 520 - 400 = 120 \text{ MW}$$

maliyet olarak  $M_{G(C)} = 10 \text{ \$/MWh}$  hesaplanır.

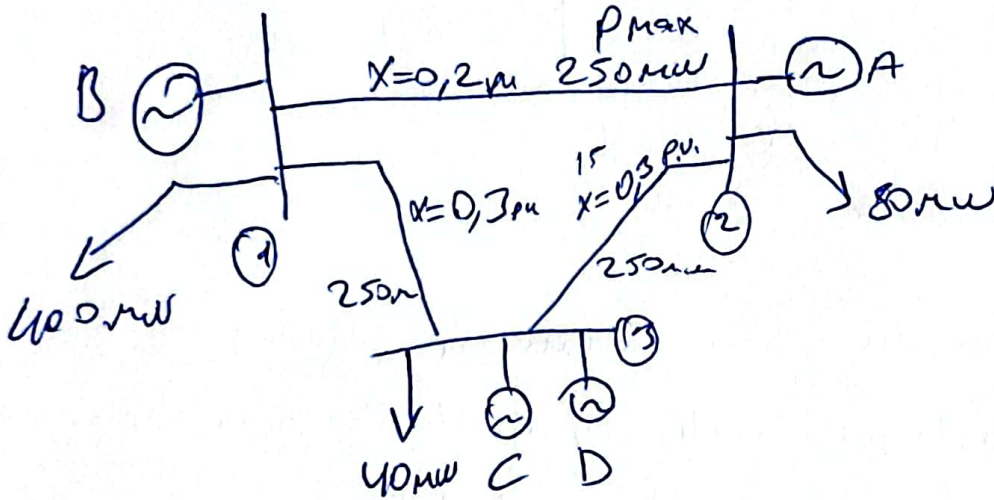


# c9) Problem 5.6

Mesut Sezer  
(15)

problem 5.5'de verilen güç sisteminin, aşağıda verilen tablodaki koşullarda değerlendirilmesi istenmektedir ;

Hat	Reaktans (p.u.)	Kapasite (mw)
1-2	0,2	250
1-3	0,3	250
2-3	0,3	250



$$P_{1-3} = \frac{400 \text{ mw}}{0,3 + 0,2 + 0,2} = 250 \text{ mw}$$

$$P_{2-3} = 400 - 250 = 150 \text{ mw}$$

$$P_{2-3} = \frac{80 \text{ mw}}{0,5 + 0,5} = 50 \text{ mw}$$

$$P_{1-3} = 80 - 50 = 30 \text{ mw}$$

	1-2	1-3	2-3
(400 mw)	150	250	150
(80 mw)	30	70	50
$\Sigma$	180	280	200

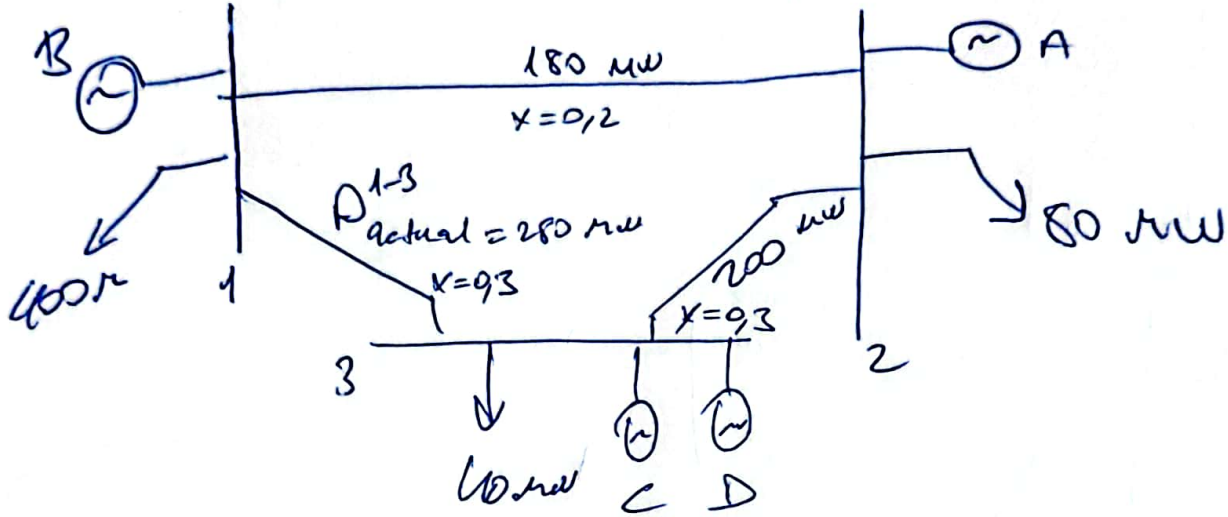
Notum = Bu güç durumu göre Hat 1-3 üzerindeki yük 250 mw üzerine sığmaz.

$$P_{güç aşımı} = 280 - 250 = \underline{30 \text{ mw fazla yük}}$$

# c10) Problem 5.7

Mesut Sezer  
(16)

problem 5.6 'da hat 1-3 arasında 250 mw azami olması gerekirken 280 mw olduğu ve bunun giderilmesi için yeni bir dağıtım sistemi önerisi yapılmıştır. Bu durum için,



Problem iki opsiyonlu öneri yapılmasını istemektedir, her halükarda maliyet baskı altında olduğunda, maliyet artırmak gerekli olduğundan ilk yol  $P_B$  Generatörüne devreye almaktır. En büyük yük 0 baradadır.

Yol 1/  $P_{max} = 250 \text{ mw}$ ,  $P_{fark} = P_{max} - P_{actual}$   
 $P_{fark} = 30 \text{ mw}$

$$P_B \cdot \frac{(0.2+0.2)}{0.8} = 30 \quad \underline{P_B = 48 \text{ mw yük almak gerekir}}$$

Yol 2/ İkinci opsiyon olarak  $P_A$  generatörüne devreye alınır. Bu durumda  $P_C$  'nin yükünde düşer ve 1-3 arasındaki hat yükü azalır.  $P_A = \frac{(0.2+0.2)}{0.8} = 60 \quad \underline{P_A = 80 \text{ mw}}$   
 $\text{Yükler} = \Sigma (P_A + P_C + P_D) = 520 \quad \underline{P_C = 520 - 400 - 80 = 40 \text{ mw}}$