

Transformatör Kayıplarının Değerlendirilmesi^o

YAZAN **Wilhelm
THIESSEN**

Ticarî rekabet transformatör imalatçıların piyasaya mümkün mertebe ucuz kons-trüksiyonlar çıkartmak için uğraşmaya sevk etmiştir. Bu arada en düşük fiatlı transformatörün çoğu zaman en **ucuz** olmadığı, bir çok müşterilerin gözünden kaçır. Zira ekonomikliğin tâyininde teknik tertipten başka sürekli masraflar rol oynarlar. Sürekli masraflar, yatırım - payı, bakım masrafları ve kayıplardan dolayı beliren sarfiyattan mürekkeptir.

Yatırım- payı diye muhasebe değeri üzerinden faiz .ve amortismanların toplamına diyoruz. Muhasebe değeri devamlı amortismanlarla azaldığından, yatırım-payı ilk yılda en yüksek ve yatırılan paranın tamamen geri alınmış olacağı amortisman süresinin son yılında en düşüktür. % 5 faiz oranı ve 20 yıl amortisman süresi ile yatırım-payı birinci yılda %10 ve yirminci yûda % 5 olur; şu halde ortalama % 7,5 tutar. Bu şekilde bulunan ya-

(*) Bu yazı Elektricitätswirtschaft mecmuasının 1955 yılı 8 sayılı nüshasında yayınlanmıştır.'Orijinal yazıda DM olarak verilen flatlar DM = TL alınarak tercümede muhafaza edilmiştir.

ÇEVİREN : **Fevzi
ÖZTÜRK**

T. Müh. - K. B A Mues.

tırım - payı, ticarî muhasebe usulüne uyar. Teknik. ekonomik incelemelerde sabit bir yatırım-payı ile hesap yapılır, öyle ki amortismanlar, amortismanlarla tasarruf edüen faizler kadar yıldan yıla artsınlar. Bu, bileşik faiz formülü ile bulunur ve tesis bedelinin yüzdesi olarak verilir:

$$P = P_c + P_a = P_f$$

Burada p_c faizleri, p_a bileşik faiz hesabına benzer surette hesaplanan yıpranma paylarını yani amortismanları göstermektedir.

P_f

$$q_f = 1 + \frac{P_f}{100} \text{ olup } (n) \text{ amortisman}$$

süresidir. Yüzde 5 faiz ve 20 yıl amortisman süresi için $p = 8 \%$ dir.

Tablo I, yatırım - payının büyüklüğü hakkında bir fikir veriyor. Bir transformatör postasının bakım masraflara küçük olup tesis bedelinin .% 1 üâ 2 si olarak alınabilir. Yani fazla bir yük tutmazlar.

TABLO : I.

**Muhtelif amortisman süneleri için
yatırım-payı**

Amor- tisman sÜresl (Yıl)	Faiz oranına göre tesis bedelinin yüzdesi olarak yatırım-payı						
	% 4	% 5	% 6	% 7	% 8	% 9	% 10
10	12,33	12,95	13,59	14,24	14,80	15,58	16,28
15	8,99	9,63	10,30	10,98	11,68	12,41	13,16
20	7,36	8,02	8,72	9,44	10,19	10,96	11,75

' Aşağıda daha yakından inceliyeceğimiz ka-
yıplar dolayısıyla beliren sarfiyat, yatırım-payı
ve bakım masraflarından daha yüksektir (Mi-
sal 1 ile karşılaştır.). Demir ve bakır kayıpla-
rı, abone tarafından elektrik enerjisi olarak
ya doğrudan doğruya veya uygun şekilde yük-
seltilmiş akım fiyatı ile ödenmek mecburiyeti-
tindedirler. Bu sebeple, bir çok müşterilerin,
bilhassa elektrik idarelerinin, transformatör
tekliflerini karşılaştırırken neden kayıpları
«yatınmlaştırdıkları» anlaşıyor. Bundan ne
anlaşılması gerektiği, sürekli masraflar (M_s)
bir eşitlikle ifade edilince aşikâr olur:

$$M_s = M$$

$$100 \quad M \quad M \quad (TL)$$

Eşitlikte M_t tesis
bedeli (TL), M_t -----

100.
yatırım - payı (TL), M_b yıllık bakım masraf-
ları ve M_k yıllık kayıp sarfiyatı (TL). Eğer
eşitliğin her iki tarafı $100/p$ ile çarpılırsa bü-
tün değerler için tesis bedeli (M_t) ile aynı
100

boyut elde edilmiş olur. Buna göre M_k . -----
p

Yıllık kayıpların «yatınmlaştırılmış değeri»
dir.

Transformatör tekliflerinin karşılaştırıl-
masında rakip tekliflerin kayıpları arasındaki
farkın yatınmlaştırılması yeter. En az kayıplı
transformatörün fiyatı esas alınır ve diğer
transformatörlerin fiyatları, kayıplar farkının
yatınm değeri kadar yükseltilir. (Bak Misal2)
Yatınmlaştırmayı akım fiyatı, yüklenme duru-
mu ve işletme süresi tâyin eder.

Akım fiyatı, bugün umumiyetle yüksek ge-
rilimle beslenen bütün müşteriler için farz-
olunabileceği gibi, şart koşulan maksimum
güç fiyatı ile yıllık enerji fiyatından bileşiktir.
Böylece Ek 3 ve misal 1 de görüldüğü gibi ba-
kır kayıpları için demir kayıplarından daha
yüksektir.

Yüklenme durumunun belirtilmesi için
elektrik ekonomisinde mütad^s olan kavramlar
Ek 1 de yakından izah edilmiştir. Kayıpların,

bilhassa bakır kayıplarının basit bir usulle he-
sabı. Ek 2 de verilmiştir.

Buna göre yıllık kayıp enerjisi:

$$(P_{k-c} + r.P_{k-cn}).T \quad (kWh)$$

Burada,

k_{E}

boştaki kayıplar (kW) Maksimum
güçte bakır kayıpları
(kW). Enerji kayıp faktörü
(yüklenme
faktörüne bağlı olarak şekil 4 de
verilmiştir). İşletme
süresi (saat/yıl)

Ek 3 de kayıpların yatırım değeri çıkar-
ılmıştır. Bu bir temel fiyat tarifesi ile **demir
kayıpları için :**

$$100$$

$$Y_{k,k,k,k,k} = (t + T f J) \cdot \frac{100}{\dots} \quad (TL/kW)$$

bakır kayıpları için :

$$100 \quad N$$

$$k_{\text{cu}} (f, + r.T) \quad p$$

(TL/kW).

Burada:

f_a güç fiyatı (TL/kW)
 f_e enerji fiyatı (TL/kW)
 p tesis bedelinin yüzdesi olarak yıllık -
yatırım - payı
 N^1 maksimum güç (KVA) N_n
transformatörün nominal gücü (KVA)

Demir kayıplarının yatırım değeri, sürekl-
li işletmede maksimum olur. İşletme süresi
8760 saat/yıldan az olursa daha az tutar, öte
yandan bakır kayıplarının yatırım değeri,
maksimum gücün kullanma zamanına ve mak-
simum gücün transformatörün nominal gücüne
oranına bağlıdır. Genel olarak maksimum
güç, nominal gücün % 80 i farzolunabilir.

Hesap yolu aşağıdaki iki misalde gösteril-
miştir :

Misal - 1 :

Demir kayıpları 11,6 kW. bakır kayıpları
40 kW. olan 36/3,6 kV. luk bir indirici trans-
formatörün gücü 4000 kVA güç faktörü 0,8 dir.
Maksimum gücü olan 3200 kW. la sürekli işle-
mede $12,8 \times 10^6$ kWh. transforme etmektedir.
Tesis bedeli 46000 TL olup % 5 faizle 20 yılda
amorti edilecektir. Akım, güç için 60 TL/kW
ve enerji için 0,04 TL/kWh temel fiyat tarife-
siyle çekilmektedir. Yıllık masraflar ve kayıp-
ların yatırım değeri sürekli çalışma ve 5000
• saat/yıl çalışma için ayrı ayrı elde edildiler.
Birinci halde maksimum güç nominal güce
eşit, ikinci halde % 80 farzedildi.

Nominal güç	N_n		4000		kVA'
Yatırım değeri Faiz nisbeti Amortisman süresi Yatmm-payı oranı	M_t $P_t = \frac{1}{n}$ $P =$	$1 - 1/q^n_f$	46000 5 20 8		TL % yıl %
Yıllık enerji Güç faktörü	A $\cos \theta$ A'	A	12,8 0,8 16,0	6,4 0,8 80	10» kWh
Maksimum güç	F N'	$\cos \theta$ P'	3200 4000	2560 3500	kW kVA
Kullanma süresi	h	$\cos \theta A'$ A	4000 8760	2500 5000	saat/yıl
işletme süresi		$N' P$ $A' h$	Q457	05	
Yüklenme faktörü		$N'. T$ T			
Demir kayıplan Bakır kayıplan	$\frac{P_{k-fe}}{P_{k-cu}}$		11,6 40,0 025	11,6 40,0 29	kw kW
Kayıp faktörü Kayıp süresi Demir kayıp enerjisi Bakır kayıp enerjisi bılık kayıp enerjisi	h_k $\frac{A_{k-fe}}{A_{k-cu}}$ A_k	$m = 0,457$ için $= r. T$ $= PM..T$ $= P_{k-cu} \cdot r. T$	2190 0,1018 0,0876 0,1894	1450 0,0580 0,0580 ' 0,1160	saat/yıl 10" kWh 10 ⁶ kWh 10" kWh
Akün fi at lan Güç fiatı Enerji fiatı Demir kayıplan için orta-	f^* f_o	$\frac{1}{f}$ $\frac{1}{f}$	60 0,04	60 0,04 nOR9	TL/kW TL/kW
lama akım fiatı Bakır	$\frac{1}{k-te}$	$\frac{1}{T} \cdot \frac{1}{f}$ $T \cdot \frac{1}{f}$			TL/kwh
lama akım fiatı	$\frac{1}{k-cu}$	$\frac{1}{T} \cdot \frac{1}{f}$ $T \cdot \frac{1}{f}$	0,0674	0,0813	TL/kwh
Yıllık masraflar		P $\frac{1}{T} \cdot \frac{1}{f}$		oon	TL/yıl
Rakım masrafları		100 2 M	3680	920	TL/yü
Demir kayıp masrafları Bakır kayıp masrafları	$\frac{M_{k-fe}}{M_{k-cu}}$	$\frac{m_{k-fe}}{m_{k-cu}} \cdot \frac{100}{A_{k-fe} \cdot A_{k-cu}}$	4870 5910	3015 4715	TL/yü TL/yıl
Toplam.			15380	12330	TL/yü
Demir kayıplarının yatırım değeri Bakır kayıplarının yatırım değeri	$*M.$ Y	$\frac{1}{100} \cdot \frac{1}{N'} \cdot \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{T} \cdot \frac{1}{f}$	5130 1845	3250	TL/kW TL/kW
		p N			

r değeri m' (m' = m) için şekil 4den alındı. Düşük akım fiyatına rağmen kayıpların yatırım değeri yüksek çıkıyor. Her iki halde de demir kayıpları, bakır kayıplarının yaklaşık üç misli değerlendirilmiştir. Demir kayıpları için akım fiyatı 4,7 ve 5,2 krş/kWh. ve bakır kayıpları için 6,7 ve 8,1 krş/kWh tutuyor. Bunlar daha küçük kullanma zamanları için oldukça daha yüksek olurlar

Misal - 2 :

Üst gerilimi 10 KV. olan beheri 125 KVA lık iki transformatör teklif edilmektedir. DİN 42502 ye göre 0,61 kW demir kayıplı olan 2820 TL. ve DİN 42503e göre 0,48 kW demir kayıplı olan 3310 TL. dir. Her ikisinin bakır kayıpları eşit olup 2,3 kW. dır. Boştaki akımları % 6 ve % 3,4 olsunlar. Maksimum gücü 100 KVA işletme süresi 8760 saat/yıl, maksimum güç kullanma zamanı 2000 saat/yıl, faiz oranı yüzde 5,, amortisman süresi 20 yıldır. Akım, 100 TL/KW güç fiyatı ve 0,05 TL/kWh enerji fiyatı ile satın alındığında hangi transformatörün daha müsait olduğunun tayıni isteniyor.

Bakır kayıpları eşit olduklarından yalnız demir kayıpları yatınmlaştnırlar.

$$Y_{k-fe} = \frac{f^{100} + 18760 \times 0,05}{8} = 6720$$

TL/kW.

0,13 kW lık demir kayıpları farkı

$6720 \times 0,13 = 875$ TL/kW yatırım değerine tekabül eder. Buna göre 2820 + 875 = 3695 TL. değeri 3310 TL. ile karşılaştırılmalıdır. Böylece DİN 42503 e göre olan 125 KVA lık transformatör oldukça daha elverişlidir.

Şimdiye kadarki incelemelerde transformatörün maksimum gücünün, ödenmesi şart koşulan maksimum güçle eşzamanlı zuhur ettiği kabul edilmişti. Bu, elektrik enerjileri bir ölçü sisteminden hesaplanan tek ye paralel transformatörlerle münferit aboneler ve bütün akımı transforme eden elektrik idarelerinin transformatörleri için doğrudur. Bununla beraber alçak gerilim tarafında bağımsız şebeke ve müstehlikleri besleyen birçok transformatör için elektrik enerjisi bir ölçü yerine irca edilince, münferit transformatörlerin maksimum gücü toplam - maksimum güç ile eşzamanlı zuhur etmez. Her transformatörün güç fiyatındaki hissesi böylece kendi maksimum gücünün tekabül ettiğinden daha küçüktür. Çok sayıda transformatörler için ortalama bir hisse ile hesap yapılır. Bu, her transformatörün maksimum gücünün hesapanan maksimum güce ne nispette iştirak ettiğini veren (g) eşzamanlık faktörü ile bulunur. Buna gö-

re eşzamanlı güç, maksimum güçle eşzamanlık faktörünün çarpımı ile elde edilir. Böylece ortalama akım fiyatı ve bakır kayıpları yatırım değeri müteakbil olarak daha küçük olurlar. Bakır kayıpları ortalama akım fiyatı için :

$$— x g^2 + \ll. \quad (TL/kW) \\ r.T \text{ eşitliği bulunur.}$$

Eşzamanlık faktörü karesel tesir etmektedir. Tesiri, kullanma süresi ne kadar- küçük olursa ve güç faktörü ne kadar yükseğe o kadar büyük olur. Bakır kayıpları yatırım değeri:

$$AY_{KK-u} = f_e(1 - g^2) \cdot \left(\frac{N'}{N_n} \right)^2 \cdot \frac{100}{p} \quad (TL/kW)$$

kadar küçüktür. Bu miktar kullanma süresinden bağımsızdır ve şu halde kulanma süresi ne kadar küçük ve güç fiyatı ne kadar yükseğe o kadar çok tesir etmelidir.

Eşzamanlık faktörünün hassasiyetle tayıni güçtür. Münferit transformatörlerinin güçleri ağır basan ışık yükleriyle boyutlanmış olan şebekelerde eşzamanlık faktörü 0,9 ilâ 1,0 ağır basan kuvvet yükleri için 0,7 ilâ 0,9 alınabilir.

Birinci misalde bakır kayıplarının yatırım değeri:

$g = 0,9$ için 91 TL/kW
 $g = 0,7$ için 245 TL/kW kadar
 değişip 4000 saat/yıl ve 2500 saat/yıl
 kullanma süreleri için ortalama akım fiyatı:

$g = 0,9$ için 0,0622 TL/kWh, (%92,3)
 ve 0,0745 » (%91,6)
 $g = 0,7$ için 0,0534 » (%79,3)
 ve 0,603 » (%74,1)
 değerlerine düşerler. Yıllık bakır kayıpları masrafı buna uygun şekilde değişir.

Eğer reaktif akım ödeniyorsa, miknatıslama gücünün de yatınmlaştrılması gerekir. Burada boştaki kayıplarda olduğu gibi hareket edilir. Yatırım değeni (Y_r) için böylece :

$$Y_r = \frac{100}{(f_{c-r} + T.f_{e-r})} \quad (TL/kVA)$$

konulabilir. Burada f_{e-r} ve f_{c-r} reaktif akım için güç ve enerji fiyatlarını gösteriyorlar. Misal ikide miknatıslama için 125 kVA in birinci transformatör % 6 sini yani 7,5 kVA ikinci transformatör % 3,4 ünü yani 4,25 kVA harcıyor. Bu da 3,25 kVA daha az harcıyor demektir. Eğer reaktif akım, enerji fiyatının % 10u ile değerlendiriliyorsa bu transformatör 142,20 TL. lik daha -az reaktif akım sarfedecektir. Reaktif güç yatırım değeri 547 TL/kVA ve 3,25 kVA için ise 1780 TL. tutar.

Bu hesapta dikkat gerekir, zira mıkna-tis-lama gücü, yalnız reaktif akımın gerçekten ödenmesi gerektiği zaman yatınmlaş-tınlmalıdır. Transformatörün günün muayyen zama-nında mıkna-tis-lama gücü ile reaktif akın he-sabına iştirak etmesi mümkün olabilir. Tarife-ler bu hususta pek farklıdır. Yukardaki mi-salde bulunan miktar çok yüksektir, zira sü-rekli işletme ile hesap yapılmıştır.

Fazla olarak mıkna-tis-lama gücünün kon-dansatörlerle kompanse edilebileceği düşü-nülmelidir. Tesis bedeli, bakım masrafları ve yatınmlaş-tırılmış kayıplardan bileşik olan kondansatör yatırım değeri, mıkna-tis-lama gü-cünün yatırım değerinden bu halde daha kü-çük olmalıdır. Bu,

$$f_{kon} = M_t \cdot \frac{P - m_b}{p} + f_{it} \cdot \frac{P_{k-kon}}{100} \quad (TL/kVA)$$

eşitliği ile ifade edilir, burada P_{k-kon} reaktif gücün yüzdesi olarak kondansatör kayıplarıdır.

Meselâ kondansatör tesis bedeli installa-yon dahil 40 TL/kVA, yıllık bakım masrafları tesis bedelinin % 2 si ve kayıplar nominal gü-cün % 0,3 ile konursa, kapital değeri misal 2 deki faiz oranı, amortisman süresi ve akım fiatı için :

$$f_{kou} = 70,20 \text{ TL/kVA olur.}$$

Şu halde ikinci misalde mıkna-tis-lama gü-cü bundan daha yüksek değerle yatınmlaş-tırılmaz. Bu öte yandan bazı yabancı fir-maların alışageldikleri değerlere uyar. 100 ilâ 200 TL/kVA uygun değerlerdir.

EK — I

YÜKLENME DURUMUNUN BELİRTİLMESİ İÇİN KAVRAMLAR

Meselâ bir elektrik santralının (T) zamanı üzerine (P) gücü taşınırsa bulunacak alan (A) elektrik enerjisi için bir ölçü olur. (Şekil 1). Aynı enerjiyi maksimum güç (P') ile vermek için gerekli zamana «kullanma süresi» (h) denir. Buna göre kullanma süresi $h = A/P'$ dür (A) kWh üe ve (P') kW la ölçülürler. (P_t) ise (t) anındaki gücü gösterir

Yıllık tertiplerümüşt yük eğrisi, zaman absis, güç ordinat olarak münferit güçlerdeki işle-tme süreleri bu güçler üzerine taşınarak elde edilir. Şekil 2 de maksimum güç yüzde olarak taşınmıştır. Taralı alan gene verilen enerjiyi temsil eder.

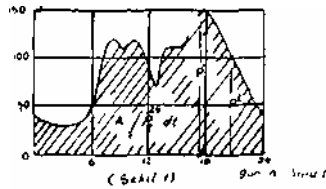
Ortalama güç (P_m)maksimum güç (P') ile yüklenme faktörü (m) nin çarpımıdır.

$P_m = m \cdot P'$ Bu tariften yüklenme faktörü çıkartılır:

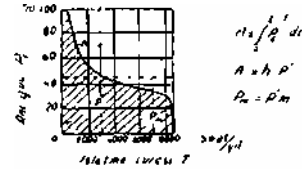
$$m = \frac{A}{P' \cdot T} = \frac{h}{T}$$

Eğer tertiplenmiş yük eğrisindeki güçlerin kareleri alınırsa yıllık tertiplenmiş kayıp eğrisi elde edilir. Taralı alan bu defa yıllık bakım kayıpları enerjisi için bir ölçüdür. Şekil 3 de bakım kayıpları gücü maksimum güce tekabül eden anda $P'_{k-en} = \% 100$ olarak konulmuştur.

Yıllık tertiplenmiş kayıp eğrisinde kayıp faktörü (r), yüklenme faktörü (m) nin tertip-



Şekil 1) Bir elektrik santralının günlük güç eğrisi



Şekil 2) h' tip/t oranıs yük eğrisi (taralı alan A yılık elektrik enerjisi)



Şekil 3) a, c, p, r

$$ay \cdot P' \cdot f^* \text{ tay } 61 \text{ Mya,}$$

lenmiş yük eğrisindeki mânasını haizdir. Buna göre yıllık bakır kayıp enerjisi

kayıp faktörü taralı alanın ölçülmesi ile elde edilir. Wolf'un tecrübelerine dayanarak verdiği Şekil 4 deki eğri bu iş için kullanılır. Burada kayıp faktörü r , yüklenme faktörü (m) ye bağlı olarak verilmiştir. İşletme süresi 8760 saat/yü'dan daha az olursa, yüklenme eğrisi, tertiplenmiş yük eğrisi ve tertiplenmiş kayıp eğrisi uygun şekilde değişirler.

EK — 2 KAYIPLARIN

HESAPLANMASI

Yıllık kayıp enerjisi, demir ve bakır kayıp enerjilerinin toplamıdır.

$$A_k = A_{Me} + A_{k-en}$$

Demir kayıp enerjisi bir dereceye kadar sabit kalan gerilimde işletme süresinden çıkartılır ve $A_{k-fe} = P_{k-fe} \cdot T$ eşitliği ile ifade edilir. Burada A_{k-fe} demir kayıp enerjisini (kWh) P_{k-fe} demir kayıp gücünü (kW) ve T işletme süresini (saat) gösteriyorlar.

Bakır kayıp enerjisi A_{k-en} , maksimum güç anındaki bakır kayıpları, işletme süresi ve (r) kayıp faktöründen hesaplanır.

$$A_{k-en} = r \cdot T \cdot P_{k-en} \quad \text{N}^1$$

$$\text{Burada } P_{k-en} = \frac{N'}{N} \cdot P_{k-n} \quad \text{N}^2 \text{ maksimum}$$

takat anındaki bakır kayıp gücünü (kW), N' maksimum görünen gücü (kVA), N_n transformatörün nominal gücünü (kVA), P_{k-en} nominal güçte bakır kayıplarını (kW) ve

$r = 0,083 \text{ m} + 1,036 \text{ m}^2 - 0,12 \text{ m}$ (bak şekil 4) edinilen tecrübelerle dayanılarak verilen kayıp faktörünü gösteriyorlar. (Wolf ETZ cüt 52 (1931) sayfa 1276 ve cüt 53 (1932) sayfa 1005).

r eşitliği önce doğru akım için çıkartılmıştır. Eğer aktif güç yerine görünen güçle hesap yapılırsa tabiatı icabı alternatif akım kayıp hesabında da kullanılır.

Görünen büyüklüklerin belirtilmesinde : N' maksimum görünen güç (KVA)

$$A' = \frac{T}{A'} \cdot \text{zamanında verilen görünen enerji (kVAh)}$$

$m' = \frac{N' \cdot T}{N \cdot T}$ görünen büyüklüklerin yüklenme faktörü.

EK — S KAYIPLARIN

DEĞERLENDİRİLMESİ

Bir temel - f iât tarifesine göre yıllık akım masrafları :

$$F_v = f_B N + f_e A \quad (\text{TL/Yıl}) \text{ ve}$$

ortalama akım fiyatı :

$$f = \frac{N}{A} + f_e = \frac{t_f}{A} \quad (\text{TL/KWh})$$

Burada f_B şart koşulan güç için fiyat (TL/kW) ve f_e elektrik enerjisi fiyatı (TL/kWh) dir.

Demir kayıpları P_{k-fe} sabit olduğundan kullanma süreleri, T işletme zamanına eşittir. Bakır kayıpları transformatör yükünün karesi ile değişir. Bakır kayıpları maksimum gücü kullanma süresi, $r \cdot T$ ile konulur ve böylece akım fiyatı:

demir kayıpları için:

$$f_e \quad (\text{TL/kWh}) \text{ ve}$$

bakır kayıpları için:

$$r \cdot T \quad (\text{TL/kWh})$$

bulunur.

Demir kayıpları yıllık masrafı :

$$P_{r-fe} = P_{k-fe} \cdot T \cdot f_{k-fe} = (f_e + T \cdot f_e) \cdot P_{k-en} \quad (\text{TL/Yıl})$$

Buna göre demir kayıpları yatırım değeri :

$$100$$

Birim değeri :

$$100$$

$$f_{k-fe} = (f_k + T \cdot f_e) \quad (\text{TL/kW})$$

Aynı şekilde bakır kayıpları yıllık masrafı :

$$(f_e + r \cdot T \cdot f_e) \cdot P_{k-en} \quad (\text{TL/yü})$$

veya

$$F_{k-en} = \frac{N'}{N} \cdot P_{k-en} \quad \text{konularak}$$

$$r_{k-en} = \frac{F_{k-en}}{P_{k-en}} = \frac{(f_e + r \cdot T \cdot f_e) \cdot P_{k-en}}{P_{k-en}} = (f_e + r \cdot T \cdot f_e) \quad (\text{TL/yü})$$

değerleri ile bakır kayıpları yatırım değeri bulunur :

$$M^{\wedge} = (f_k + r \cdot T \cdot f_e) \cdot P_{k-en} \cdot \left(\frac{N'}{N_n} \right) \cdot \frac{100}{p} \quad (\text{TL})$$

ve birim değeri:

$$Y_{k-cu} = (f_e + r.T.f_e) \left(\frac{100}{N_0} \right)^2 \frac{100}{P} \quad (\text{TL/kW})$$

Güç fiatsız ortalama enerji fiyatı (f_e) ile *he-*lanırsa, kayıplar:

$$M_k = A_k \cdot f_e \cdot \frac{100}{P} \quad (\text{TL/kW})$$

kayıplan yatırım değeri :
 $\frac{P \text{ Demir}}{100}$

$$Y_{k-fe} = T \cdot f_e \cdot \frac{100}{P} \quad (\text{TL/kW})$$

Bakır kayıplan yatırım değeri:

$$Y_{*-cu} = r \cdot T \cdot i; \cdot \left(\frac{N'}{N_n} \right)^2 \frac{100}{P} \quad (\text{TL/kW})$$

TOPLU BAKIŞ :

Transformatör kayıplarının yatınmlaştırılmasmda dikkat edilecek husus, kWh başına

bakır kayıplan için fiat, demir kayıplan fiatından daha yüksektir. 'Faiz yüzdesi, amortisman süresi ve akım fiyatından başka, demir kayıplarının yatırım değerini işletme süresi ve bakır kayıpları yatırım değerini maksimum güç ve kullanma süresi tâyin eder. 60 TL/kW güç fiyatı ve 4 krş/kWh enerji fiyatı ile sürekli işletme halinde yapılan bir misalde demir kayıplan yatırım değeri için 5130 TL/kW bulunuyor, 100 TL/kW güç ve 5 krş/kWh enerji fiyatı üe aynı kayıplar için 6730 TL/kW elde ediliyor. Bakır kayıplan yatırım değeri birinci misalde sürekli işletme için 1845 TL çıkıyor.

Mıknatıslama gücü de yatınmlaştırılabilir. Ama bu arada kondansatörlerle bu gücün kompanse edilebileceği gözönünde tutulmalıdır. Bunun yatırım değeri böylece tamamen değil, fakat sadece kondansatörler için sarfedilen değerden hesaplanmalıdır. Bu da 100 TL/KVA den az tutar. Bunda akım satış anlaşmasına göre reaktif akım sarfiyatının değerlendirilmesinin şart koşulduğu farzolanmıştır.