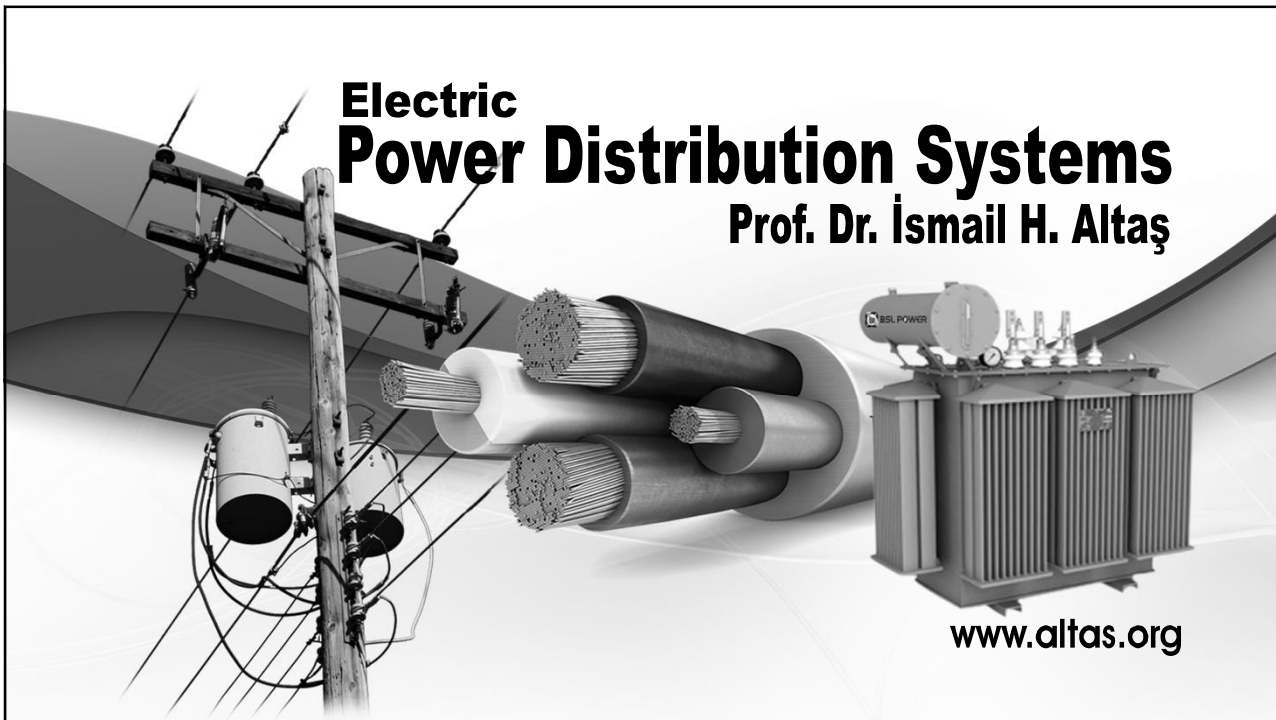


# Electric Power Distribution Systems

Prof. Dr. İsmail H. Altaş



[www.altas.org](http://www.altas.org)

## Electric Power Distribution Systems

### CHAPTER 3 - DISTRIBUTION NETWORKS



Publication of this lecture presentation notes on any platform by others is subject to permission.  
Remember, Stealing is not sharing.



# DISTRIBUTION NETWORKS

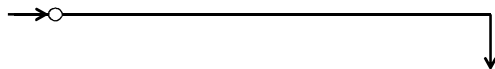
The network formed by connecting the distribution lines fed from one or more points to each other in linear or different ways is called the distribution network.

## Distribution network types

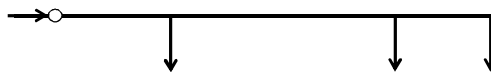
- Radial
- Branch
- Ring network
- Interconnected network

# DISTRIBUTION NETWORKS

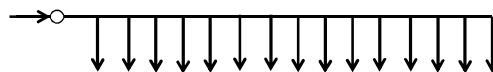
Single loaded  
Radial network



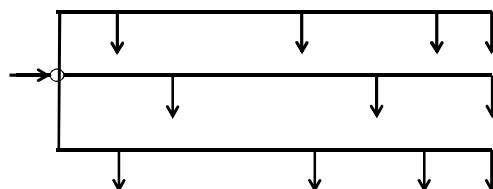
Multiple loaded  
Radial network



Uniformly loaded  
Radial network

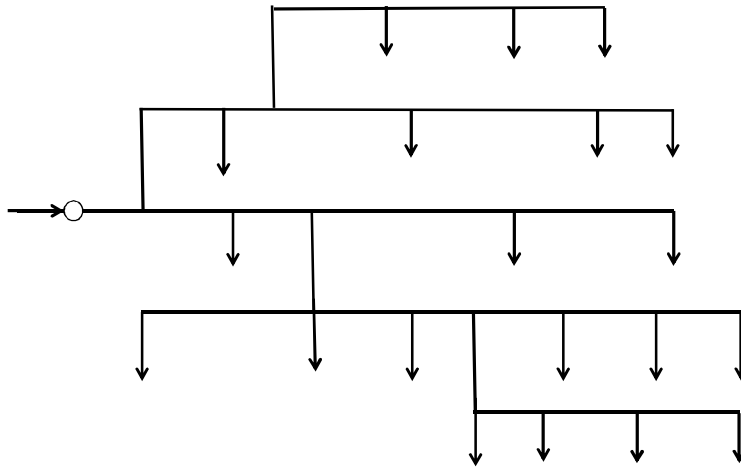


Three branch  
Radial network



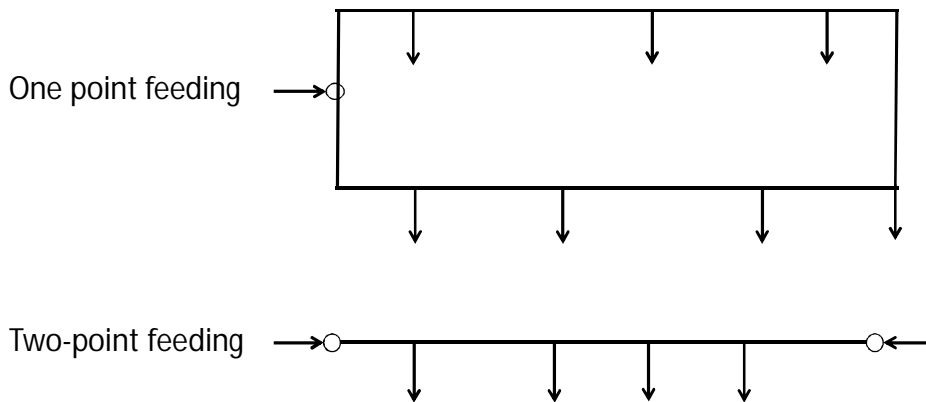
# DISTRIBUTION NETWORKS

Multiple branch Radial network



# DISTRIBUTION NETWORKS

RING NETWORK



# DISTRIBUTION NETWORKS

## Distribution network types

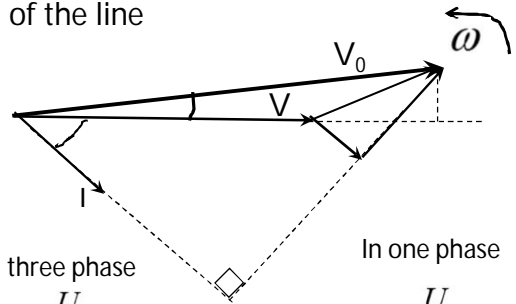
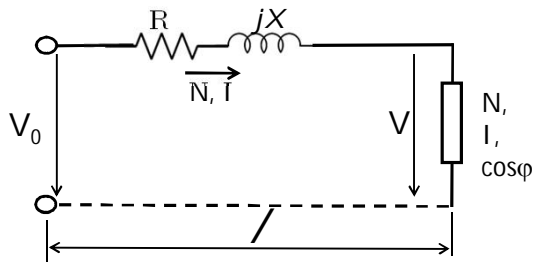
- Straight forward (Radial)
- Branch (Radial)
- Ring
- Interconnected

Dağıtım şebekesi	Açıklama	Şekil
Ağ şebeke	Üç noktadan besleme	

# DISTRIBUTION NETWORKS

## VOLTAGE DROP IN RADIAL NETWORKS

Load is connected at the end of the line

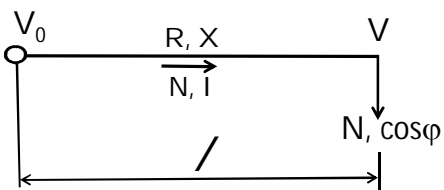


In three phase

$$V = \frac{U}{\sqrt{3}}$$

In one phase

$$V = \frac{U}{2}$$



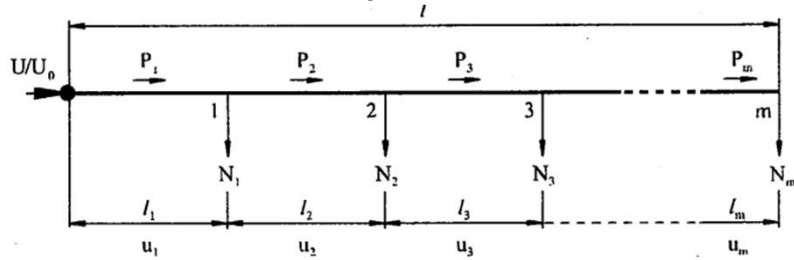
$$\Delta U = k_3' P l \quad [\text{V}]$$

$$u = k_3'' P l \quad [\%]$$

# DISTRIBUTION NETWORKS

## VOLTAGE DROP IN RADIAL NETWORKS

Loads are connected along the line



$$P_m = N_m$$

⋮

$$P_3 = N_3 + \dots + N_m$$

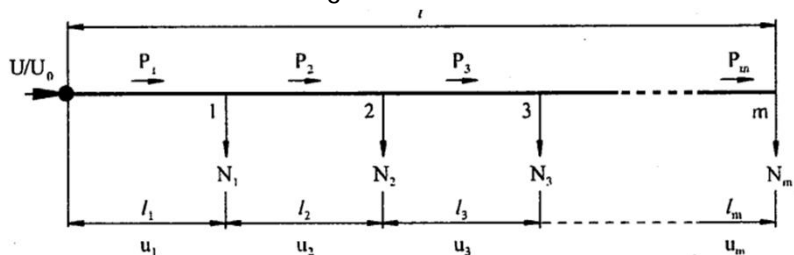
$$P_2 = N_2 + N_3 + \dots + N_m$$

$$P_1 = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_m$$

# DISTRIBUTION NETWORKS

## VOLTAGE DROP IN RADIAL NETWORKS

Loads are connected along the line



$$u_1 = k_1 P_1 l_1^{(*)}$$

$$u_2 = k_2 P_2 l_2$$

$$u_3 = k_3 P_3 l_3$$

⋮

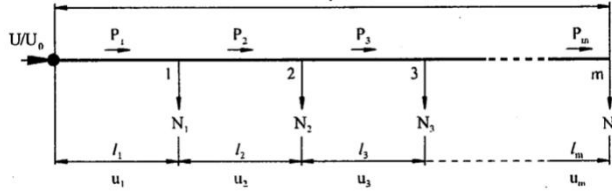
$$u_m = k_m P_m l_m$$

$$u = u_1 + u_2 + u_3 + \dots + u_m = \sum_{i=1}^m k_i P_i l_i$$

Gerilim düşümü katsayıları eşitse:  $\Rightarrow$

$$u = k \sum_{i=1}^m P_i l_i$$

Loads are connected along the line



Hatta bağı olan yükler toplanarak hattın çekilen güçleri bulmak yerine, hat uzunlukları toplanarak yük momenti alınır, aynı sonuç elde edilir.

Gerçekten, besleme noktasına göre yük momentleri, hattın başından sonuna doğru:

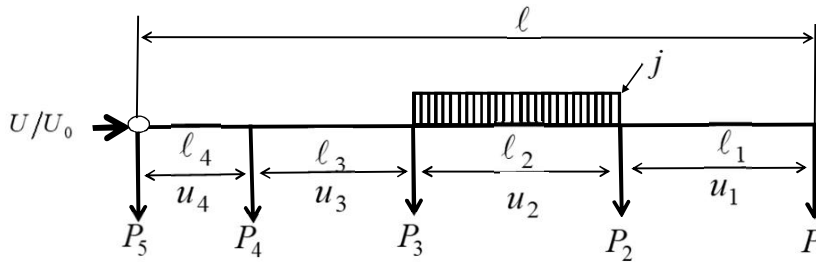
$$\begin{array}{ll}
 N_1 l_1 & (N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_m) l_1 = P_1 l_1 \\
 N_2 (l_1 + l_2) & (N_2 + N_3 + \dots + N_m) l_2 = P_2 l_2 \\
 N_3 (l_1 + l_2 + l_3) & (N_3 + \dots + N_m) l_3 = P_3 l_3 \\
 \vdots & \vdots \\
 N_m (l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_m) & N_m l_m = P_m l_m
 \end{array}$$

$$u = k \sum_{i=1}^m P_i l_i$$

Loads are connected along the line

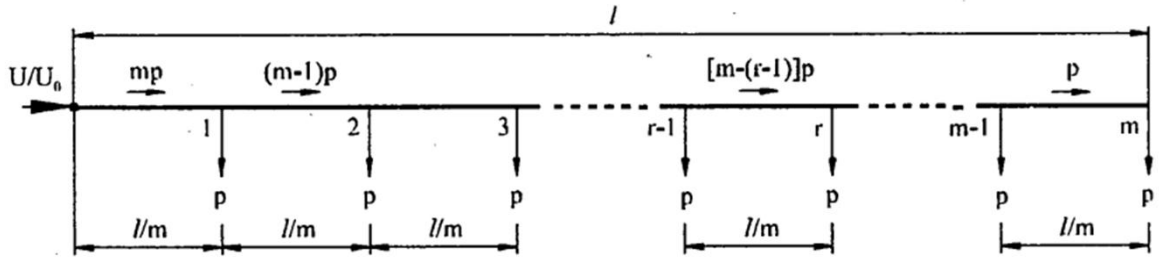
Hat üzerinde, örneğin 2-3 noktaları arasında yayılı yük varsa, bu yayılı yük toplu yük olarak bileşenlerine ayrılır ve bu bileşenler  $N_2$  ve  $N_3$  yükleri ile toplanır.

Hattın  $l$  uzunluğu boyunca, hatta bağı olan yükler eşit ve  $p$ , yüklerin sayısı  $m$ , yükler arasındaki uzaklıklar eşit ve hattın kesiti aynı ise (Düzgün yayılı yükler):



$$u = u_1 + u_2 + u_3 + u_4$$

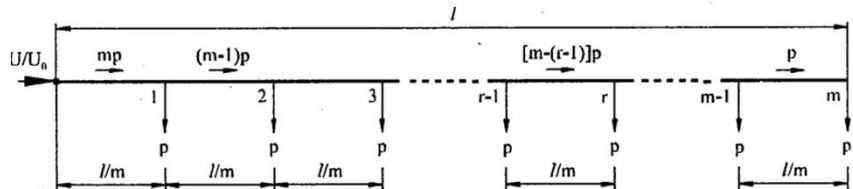
Uniformly Distributed Load



Şekil 5.12. Birçok eşit yükün hat boyunca eşit aralıklarla bağlı olduğu düz şebeke.

$$k_1 = k_2 = k_3 = \dots = k_m = k$$

Uniformly Distributed Load



$$\left. \begin{aligned}
 N_1 = N_2 = N_3 = \dots = N_m = p \\
 l_1 = l_2 = l_3 = \dots = l_n = l/m
 \end{aligned} \right\} \begin{aligned}
 P_1 &= mp \\
 P_2 &= (m-1)p \\
 P_3 &= (m-2)p \\
 &\vdots \\
 P_m &= p
 \end{aligned}$$

## Uniformly Distributed Load

hattaki gerilim düşümü:

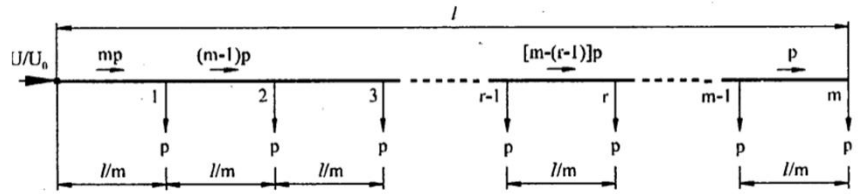
$$u_1 = kp \frac{l}{m}$$

$$u_2 = k(m-1)p \frac{l}{m}$$

$$u_3 = k(m-2)p \frac{l}{m}$$

⋮

$$u_m = kp \frac{l}{m}$$



$$u = u_1 + u_2 + u_3 + \dots + u_m = kp \frac{l}{m} [m + (m-1) + (m-2) + \dots + 1]$$

$$\frac{m+1}{2} \cdot m$$

$$u = k \frac{m+1}{2} \cdot pl \quad [5.24.3]$$

## Uniformly Distributed Load

Hattaki  $u$  yüzde gerilim düşümü bilindiğine göre,  $r$  inci noktaya kadar olan  $u_r$  gerilim düşümü, şekil 5.12 ve [5.12] bağıntısından:

$$u_r = k \{mp + (m-1)p + \dots + [m-(r-1)]p\} \frac{l}{m} = k \frac{r(2m-r+1)}{2} \cdot \frac{pl}{m}$$

$u_r$  gerilim düşümü [5.23.2] bağıntısı ile oranlanırsa:

$$\frac{u_r}{u} = \frac{r(2m-r+1)}{m(m+1)}$$

$$u_r = \frac{r(2m-r+1)}{m(m+1)} \cdot u \quad [5.24.4]$$



## Uniformly Distributed Load

$r$  ve  $(r-1)$  inci noktalar arasındaki yüzde gerilim düşümü:

[5.24.3] de  $r$  yerine  $(r-1)$  konursa:

$$u_{r-1} = \frac{(r-1)(2m-r+2)}{m(m+1)} \cdot u$$

$$\boxed{u_r - u_{r-1} = \frac{2(m-r+1)}{m(m+1)} \cdot u} \quad [5.24.5]$$

Kol şebekede her bir kol düz şebeke olarak ayrı ayrı göz önüne alınır ve gerilim düşümü hesabı her kol için düz şebekede olduğu gibi ayrı ayrı yapılır.

## EXAMPLE

**Örnek 1.** Ana tablodan arıtma tablosu yeraltında döşenen YVV kablo ile beslenmektedir. Arıtma tablosunun istek gücü 90 kW, kablonun uzunluğu 300 m, GK=0,80 ve izin verilen gerilim düşümü %5 olduğuna göre kablonun kesiti saptanacaktır.

Çizelge 5.30 dan, 90 kW ve GK=0,80 için YVV kablonun en küçük kesiti 3x120/70 mm<sup>2</sup> dir. En büyük uzunluk 310,5 m>300 m olduğundan, gerilim düşümü kurtarır.

Saptanan kesit için gerilim düşümü, güç momentlerinin oranından:

$$\frac{90 \cdot 300}{29586} \cdot \%5 = \%4,563$$

## EXAMPLE

**Örnek 2.** Örnek 1 deki kablonun uzunluğu 350 m olduğuna göre kablonun kesiti saptanacaktır.

310,5 m < 350 m olduğundan, kurtarmaz ve kablonun uzunluğu güç momentinden hesaplanır:

$$\frac{29586}{90} = 328,7 \text{ m} < 350 \text{ m}$$

olduğundan, bu uzunluk da kurtarmadığından bir üst kesit olan 3x150/70 mm<sup>2</sup> seçilir. Bu kesit için uzunluk, güç momentlerinin oranından:

$$328,7 \frac{34483}{29586} = 383,1 \text{ m} > 350 \text{ m}$$

olduğundan, kurtarır. 3x150/70 mm<sup>2</sup> kesit için gerilim düşümü:

$$\frac{350}{383,1} \cdot \%5 = \%4,568$$

## EXAMPLE

**Havada döşenme.** YVV ve YVMV kabloların havada döşenme koşullarında, ortam sıcaklığı 30 °C, kablolar duvara, zemine veya tavana bitişik döşeli (Kablo sayısı: 3), yada kablo rafı üzerine bitişik döşeli (Kablo sayısı: ≥9) olduğuna göre; düzeltme katsayısı çizelge 3.35 den, y=0,73 alınarak üç fazlı besleme için çizelge 3.29 daki yüklenme akımlarından, çizelge 5.31 deki bağlanabilecek en büyük güç hesaplanmıştır.

**Örnek 3.** Fabrikanın ana tablosundan, kablo rafı üzerine döşenen YVV kablo ile ikincil tablolar beslenmektedir. Güç 100 kW, GK= 0,80, kablonun uzunluğu 160 m dir.

Çizelge 5.31 den, 90 kW, GK=0,80 ve %3 gerilim düşümü için YVV kablonun en küçük kesiti 3x95/50 mm<sup>2</sup> dir. En büyük uzunluk 262,6.0,6=157,6 m < 160 m olduğundan, gerilim düşümü kurtarmaz. Kablo uzunluğu bir kez de güç momentinden hesaplanır ve kurtarıyor mu bakılır.

Güç momentinden hesaplanan kablo uzunluğu:

$$\frac{24631.0,6}{90} = 164,2 \text{ m} > 160 \text{ m}$$

olduğundan, kurtarır.

Saptanan kesit için gerilim düşümü:

$$\frac{160}{164,2} \cdot \%3 = \%2,923$$

## EXAMPLE

**Örnek 1.** 380 V üç fazlı hava hattı ile TM nden 148 m uzaklıktaki 28,2 kW ( $\cos\varphi=0,95$ ) yük beslenecektir. İzin verilen gerilim düşümü %5 dir. Alüminyum iletkenin kesiti saptanacaktır.

[4.2] bağıntısından:

$$k_3'' = \frac{u}{NI} = \frac{\%5}{28,2 \cdot 0,148} = \%1,198$$

Çizelge 7 den,  $\cos\varphi=0,95$  için  $k_3''=\%1,198$  değeri, %1,003 ile %1,244 arasındadır. Bu ikisinden, büyük kesit veren  $k_3''=\%1,003$  için Lily alüminyum iletken seçilmiştir. Standart kesit seçildiği için kesit biraz büyüktür. Büyük seçilen bu kesit için % gerilim düşümü:

$$u = k_3''NI = \%1,003 \cdot 28,2 \cdot 0,148 = \%4,186$$

değerine düşecektir.

## EXAMPLE

Lily iletkenin yüklenme akımı çizelge 2 de 125 A dir.

Yüklenme akımına göre:

$$I = \frac{N}{\sqrt{3}U \cos \varphi} = \frac{28,2}{\sqrt{3} \cdot 0,380 \cdot 0,95} = 45,1 \text{ A} < 125 \text{ A}$$

olduğundan, Lily iletken uygundur.

Not 3: Birim analizi önemlidir.  $k_3$  katsayısının birimi [%/kWkm] olduğuna göre, paya gerilim düşümü [%] ve paydaya yük [kW], uzunluk [km] birimiyle girilecektir.

**İzin verilen gerilim düşümü sınırları:**

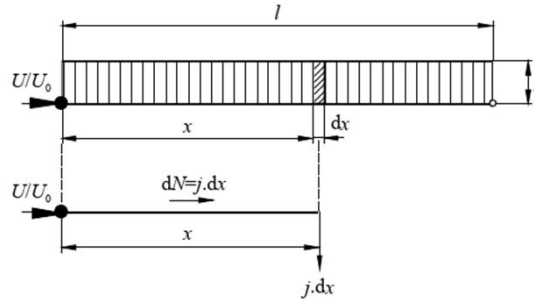
- Besleme doğrudan TM ndeki AG tablosundan yapılıyorsa, üç fazlı beslemede AG tablosu ile yapı bağlantı kutusu arasında en fazla %5,
- YG dağıtım şebekelerinde indirici TM ile tüketici TM arasında en fazla %7 olmalıdır.

## EXAMPLE

2. Yayılı yükte gerilim düşümü hesabı: Şekil 33 de, hat başından  $x$  uzaklığındaki  $dx$  sonsuz küçük parçasında sonsuz küçük yük  $j \cdot dx$  olduğundan, sonsuz küçük gerilim düşümü, [4.2] bağıntısından:

$$du = k(dN)l = kj \cdot dx \cdot x$$

Hattın  $l$  uzunluğu boyunca gerilim düşümünü bulmak için yukarıdaki bağıntının 0 ile  $l$  arasında tümlevi alınır:

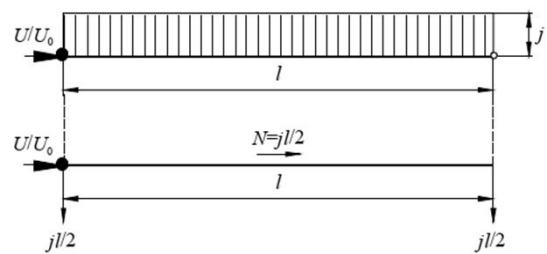


Şekil 33. Yayılı yükte gerilim düşümü hesabı için şekil.

## EXAMPLE

$$u = kj \int_0^l x \cdot dx = kj \left[ \frac{x^2}{2} \right]_0^l$$

$$u = k \frac{j l^2}{2}$$



Şekil 34. Yayılı yükün yarısını olan 45 er kW hattın sonunda ve hattın başında toplu yük olarak alınabilir.

$N = j l$  olduğundan, bu bağıntı  $u = kN \frac{l}{2}$  yazılırsa, bu yazılış  $j l$  yayılı yükünün hattın ortasından çekilen toplu yük olarak alınabileceğini gösterir. Hattın ortasından

çekilen bu  $j l$  toplu yükü, yarısı hattın başında ve diğer yarısı hattın sonunda bileşenlerine ayrılabilir. Şekil 34. Gerçekten, [4.2] bağıntısından:

$$u = kNl = kj \frac{l}{2} \cdot l = k \frac{j l^2}{2}$$

## EXAMPLE

**Örnek 2.** 80 m uzunluğundaki sokakta bitişik düzende sıralanmış olan ve 3 fazlı beslenen konutların istek gücü 90 kW tır. Yük yoğunluğu:

$$j = \frac{N}{l} = \frac{90}{80 \cdot 10^{-3}} = 1125 \text{ kW/km}$$

Gerilim düşümünün %5 den küçük olması istenmektedir. Rose alüminyum iletken seçilirse,  $\cos\phi=0,80$  için yüzde gerilim düşümü, çizelge 7 ve [5] bağıntısından:

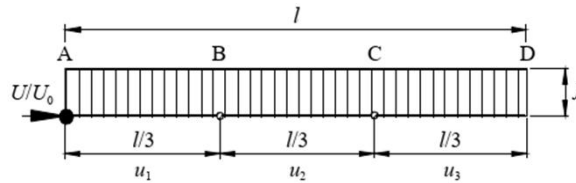
$$u = k_3'' \frac{j l^2}{2} = \%1,196 \cdot \frac{1125(80 \cdot 10^{-3})^2}{2} = \%4,306 < \%5$$

olduğundan, seçilen Rose alüminyum iletken uygundur.

Bu yayılı yük toplu yük bileşenlerine ayrılırsa, 90 kW m yarıları olan 45 er kW yük hat başında ve hat sonunda alınır.

## EXAMPLE

**Örnek 3.** Şekil 35 de, hattın  $l$  uzunluğu boyunca düzgün yayılı yükün  $u = k \frac{j l^2}{2}$  yüzde gerilim düşümü bilinmektedir. Hattın  $l$  uzunluğunun birinci, ikinci ve üçüncü üçtebirlik bölümlerinde  $u_1$ ,  $u_2$  ve  $u_3$  yüzde gerilim düşümleri hesaplanacaktır.



Şekil 35. Yayılı yükte bölünmüş gerilim düşümü hesabı için şekil.

Hattın  $\overline{AB}$  bölümündeki gerilim düşümü hesaplanırsa, bu bölümde  $\overline{BC}$  ve  $\overline{CD}$  bölümlerindeki yayılı yüklerin yaratacakları gerilim düşümleri göz önüne alınmamış olacağından yanlışlık yapılır.

## EXAMPLE

Önce,  $\overline{CD}$  bölümündeki gerilim düşümü hesaplanır. [5] den:

$$u_3 = k \frac{j(l/3)^2}{2} = k \frac{j l^2}{18}$$

$\overline{BC}$  bölümündeki gerilim düşümü için,  $\overline{BD}$  bölümündeki gerilim düşümü hesaplanır, bundan  $\overline{CD}$  bölümündeki gerilim düşümü çıkarılır:

$$u_{\overline{BD}} = k \frac{j(2l/3)^2}{2} = k \frac{2j l^2}{9}$$

$\overline{AB}$  bölümündeki gerilim düşümü için,  $\overline{AD}$  bölümündeki gerilim düşümü hesaplanır, bundan yukarıdaki  $\overline{BD}$  gerilim düşümü çıkarılır:

$$u_2 = k \frac{2j l^2}{9} - k \frac{j l^2}{18} = k \frac{3j l^2}{18}$$

$$u = k \frac{j l^2}{2} \text{ olduğundan:}$$

$$u_1 = \frac{5}{9} u = \frac{5}{9} \cdot \%3 = \%1,67$$

$$u_{\overline{AD}} = k \frac{j l^2}{2}$$

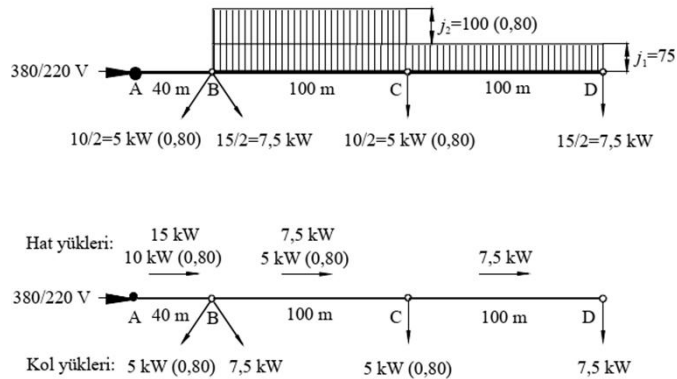
$$u_2 = \frac{3}{9} u = \frac{3}{9} \cdot \%3 = \%1,00$$

$$u_1 = k \frac{j l^2}{2} - k \frac{2j l^2}{9} = k \frac{5j l^2}{18}$$

$$u_3 = \frac{1}{9} u = \frac{1}{9} \cdot \%3 = \%0,33$$

## EXAMPLE

**Örnek 4.** Şekil 36 daki üç fazlı alüminyum iletkenli hava hattının  $\overline{BD}$  bölümüne yük yoğunluğu  $j_1=75$  kW/km ve bu bölümün ilk yarısına ayrıca, yük yoğunluğu  $j_2=100$  kW/km ( $\cos\varphi=0,80$ ) olan yayılı yükler bağlıdır. Hat boyunca aynı olan hat kesiti saptanacaktır. İzin verilen gerilim düşümü %3 dür.



Şekil 36. Farklı yayılı yüklü hatta gerilim düşümü hesabı için şekil.

## EXAMPLE

Yayıllı yükler toplu yük bileşenlerine ayrılır.

Hat boyunca hava hattı iletkeni Lily seçilirse, [5] den:

$$u = \sum_{i=1}^3 k_{3,i}'' N_i l_i = (\%0,805.15 + \%0,984.10)0,040 + (\%0,805.7,5 + \%0,984.5)0,100 \\ + \%0,805.7,5.0,100 = \%2,666 < \%3 \text{ uygundur.}$$

Parantez içindeki birinci terim  $\cos\varphi=1,00$ , ikinci terim  $\cos\varphi=0,80$  için gerilim düşümü katsayılarıdır.

## EXAMPLE

**Örnek 5.** Örnek 1 deki verilerden Lily iletken için mutlak güç kaybı, [8.1] ve [9.1] bağıntılarından ve çizelge 9 dan:

$$m_3' = \frac{R'.10^3}{U^2 \cos^2 \varphi} = \frac{1,1627.10^3}{380^2 0,95^2} = 0,0089$$

$$\Delta P = m_3' P^2 l = 0,0089.28,2^2.0,148 = 1,047 \text{ kW}$$

Yüzde güç kaybı, [8.2] ve [9.2] bağıntılarından:

$$m_3'' = \frac{R'.10^3}{U^2 \cos^2 \varphi} \cdot \%100 = \frac{1,1627.10^3}{380^2 0,95^2} \cdot \%100 = \%0,892$$

$$p = m_3'' P l = \%0,892.28,2.0,148 = \%3,7$$

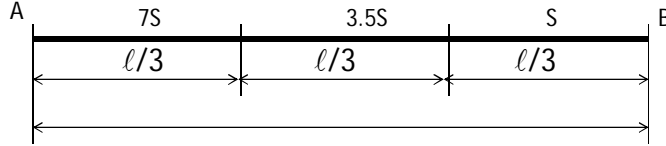
$$\text{Sağlama: } \Delta P = 28,2.\%3,7 = 1,043 \text{ kW} \approx 1,047 \text{ kW}$$

## EXAMPLE

## ÖRNEK - SORU

Şekildeki hat boyunca yük yoğunluğu aynıdır. Toplu yük yoktur. Hattin her 1/3 lük bölümündeki kesit değişiktir. Şöyleki, hattın son 1/3 lük kesiti S ise diğer 1/3 lük bölümlerinin kesitleri de 3.5S ve 7S dir (Böyle olması isteniyor).

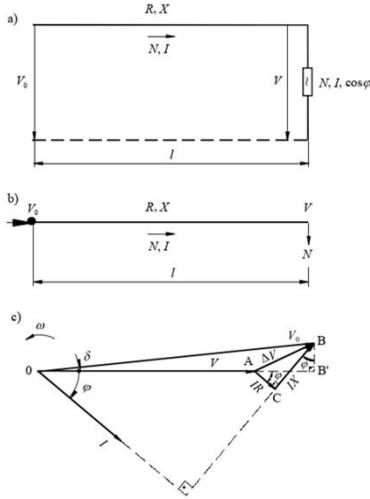
AB noktaları arasındaki gerilim düşümü %3.78 olduğuna göre hattın her 1/3 lük bölümündeki gerilim düşümünü hesaplayınız.



## AG VE OG+AG ORTAK HAVA HATTI İLETKENLERİNİN SEÇİMİ



## AG VE OG+AG ORTAK HAVA HATTI İLETKENLERİNİN SEÇİMİ



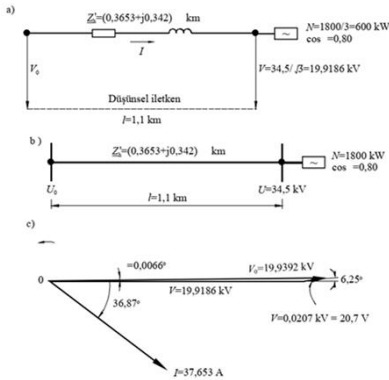
Şekil 31. Bir iletkenli düşünülen hattın a) Eşdeğer devresi, b) Tek hat gösterilişi, c) Döner yöney çizgesi.

AG ve OG+AG ortak hava hatları kısa olduğu için hat kapasitansı savsaklanır, devre öğelerinin yalnız omik dirençleri ve endüktif dirençleri hesaba katılır. Bu basitleştirme ile, hat boyunca hat akımı değişmediği için hatta düzgün yayılı olan omik dirençler ve endüktif dirençler hattın bir noktasında toplu olarak göz önüne alınır.

AG ve OG+AG ortak hava hatları için aşağıda yapılan hesaplarda hat sonu geriliminin değişmediği, yük ve yükün güç katsayısının da değişmediği, bunun sonucunda hattaki gerilim düşümünün, dolayısıyla hat başı geriliminin değiştiği durum ele alınacaktır.

AG ve OG+AG ortak hava hattı "bir iletkenli" düşünülecektir. Bak: Şekil 31.

## AG VE OG+AG ORTAK HAVA HATTI İLETKENLERİNİN SEÇİMİ



**Örnek 1.** Üç fazlı pigeon iletkenli OG+AG ortak hattında OG hattının sonuna  $\varphi=0,80$  geri GK ile  $N=1,8 \text{ MW}$  yük bağlıdır. Hat sonu gerilimi  $34,5 \text{ kV}$ , hattın uzunluğu  $1,1 \text{ km}$ , pigeon iletkenin birim empedansı çizelge 11 den  $Z'_h = (0,3653 + j0,342) \Omega/\text{km}$  dir.

OG hattının tek hat şeması şekil 37 de verilmiştir.

Hat başı gerilimi, hat başındaki güç katsayısı, etkin ve tepkin güç, hattaki etkin ve tepkin güç kaybı hesaplanacaktır.

V hat sonu gerilimi gerçel eksen üzerinde alınmıştır. Hat başı gerilimi:

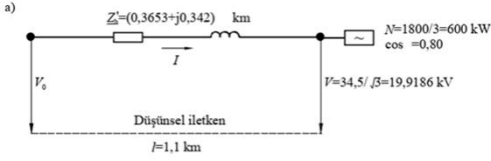
$$\underline{V}_0 = \underline{V} + \Delta \underline{V} = \underline{V} + \underline{I} \underline{Z}_h$$

$$\underline{Z}_h = \underline{Z}'_h l = (0,3653 + j0,342) \cdot 1,1 = 0,4018 + j0,3762 = 0,5504 \angle 43,12^\circ \Omega$$

$$I = \frac{N/3}{V \cos \varphi} = \frac{600}{(34,5/\sqrt{3}) \cdot 0,80} = 37,653 \text{ A (veya } I = \frac{N}{\sqrt{3} U \cos \varphi} = \frac{1800}{\sqrt{3} \cdot 34,5 \cdot 0,80} = 37,653 \text{ A)}$$

olduğundan:

## AG VE OG+AG ORTAK HAVA HATTI İLETKENLERİNİN SEÇİMİ

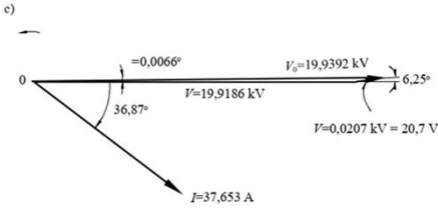
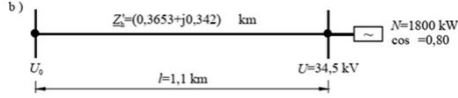


$$\underline{V}_0 = \frac{34,5}{\sqrt{3}} \left[ 0^\circ + 37,653 \cdot 10^{-3} \right] - 36,87^\circ \cdot 0,5504 \left| 43,12^\circ \right| = 19,9186 + 0,0207 \left| 6,25^\circ \right|$$

$$= 19,9186 + 0,0207(0,9941 + j0,1089) = 19,9392 + j0,0023 = 19,9392 \left| 0,0066^\circ \right| \text{ kV}$$

$$U_0 = \sqrt{3} \cdot 19,9392 = 34,536 \text{ kV}$$

Veriler ve sonuçlar şekil 37c deki döner yöney çizgesinde gösterilmiştir. Hat başından verilen etkin ve tepkin güç:



$$\underline{S}_0 = 3 \underline{V}_0 \underline{I}^*$$

$$\underline{S}_0 = 3 \cdot 19,9392 \left| 0,0066^\circ \right| \cdot 37,653 \left| 36,87^\circ \right|$$

$$= 2252,3 \left| 36,8766^\circ \right| = 2252,3 \cdot 0,7999 + j0,6001 \text{ kVA}$$

$$P_0 = 2252,3 \cdot 0,7999 = 1801,6 \text{ kW}$$

$$Q_0 = 2252,3 \cdot 0,6001 = 1351,6 \text{ kVAr}$$

## AG VE OG+AG ORTAK HAVA HATTI İLETKENLERİNİN SEÇİMİ

Hattaki etkin ve tepkin güç kaybı:

$$P = 1800 \text{ kW ve } Q = P \tan \varphi = 1800 \cdot 0,75 = 1350 \text{ kVAr olduğundan:}$$

$$\Delta P = P_0 - P = 1801,6 - 1800 = 1,6 \text{ kW}$$

$$\Delta Q = Q_0 - Q = 1351,6 - 1350 = 1,6 \text{ kVAr}$$

Bu sonuç aşağıdaki yoldan da elde edilir:

$$\Delta P = 3I^2 R_h = 3 \cdot 37,653^2 \cdot 0,4018 = 1709 \text{ W} = 1,7 \text{ kW} \approx 1,6 \text{ kW}$$

$$\Delta Q = 3I^2 X_h = 3 \cdot 37,653^2 \cdot 0,3762 = 1600 \text{ VAr} = 1,6 \text{ kVAr}$$

Hat başında GK:

$\cos \varphi = \cos(36,87 + 0,0066) = 0,7999 \approx 0,80$ . Hattın reaktansından dolayı hat başında GK yaklaşık değişmiyor.

## AG VE OG+AG ORTAK HAVA HATTI İLETKENLERİNİN SEÇİMİ

**Örnek 2.** Bir şehirin güç gereksinimi 16 MVA,  $\cos\varphi=0,95$  dir. Bu şehir gerilimi 34,5 kV olan 4,5 km uzunğundaki çelik-alüminyum iletkenli küçük açıklıklı OG hattı ile beslenecektir.

İzin verilen gerilim düşümü %5 dir.

- İzin verilen gerilim düşümü için hattın kesiti çizelgeden yararlanılarak saptanacaktır.
- Aynı çizelgeden, saptanan çelik-alüminyum iletken kesiti için %5 gerilim düşümünün sağlandığı gösterilecek, ayrıca gerçek gerilim düşümü hesaplanacaktır.
- Gerilim düşümü hesabı bir kez de gerilim düşümü katsayılarıyla yapılacaktır.
- Çizelgeden direnç ve endüktif direnç değerleri alınarak karmaşık sayılarla yüzde gerilim düşümü hesaplanacaktır.
- b ve d şıklarında hesaplanan yüzde gerilim düşümleri arasındaki farkın nedeni açıklanacaktır.

Hesaplamalar:

a)  $16,0,95 = 15,2$  MW,  $\cos\varphi=0,95$  için, çizelge 5 den 15,61 MW güce karşılık gelen pigeon çelik-alüminyum iletken seçilir.

## AG VE OG+AG ORTAK HAVA HATTI İLETKENLERİNİN SEÇİMİ

b) Aynı çizelgede, bu en büyük güce karşılık gelen en büyük uzunluk 7,7 km dir.

7,7 km > 4,5 km olduğundan, gerilim düşümü kurtarır.

Gerçek gerilim düşümü, güç momentinden:

$$\frac{15,2,4,5}{120,197} \cdot \%5 = \%2,85$$

c) [5] bağıntısından ve çizelge 11 den  $k_3'' = \%0,0401$  için:

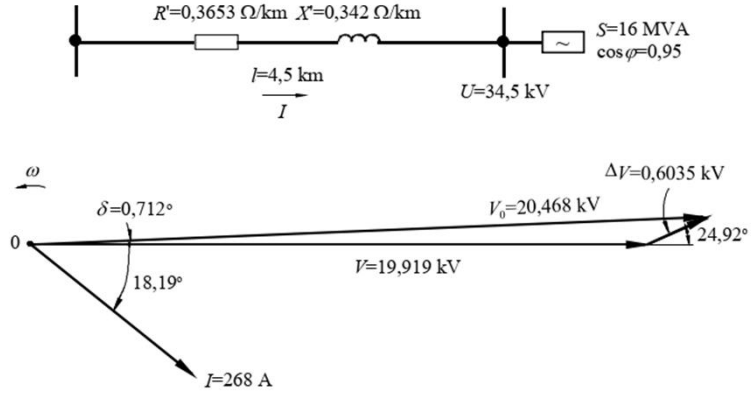
$$u = k_3'' Pl = \%0,0401 \cdot 15,2,4,5 = \%2,74$$

Bu sonuç b şikkındaki sonuçla yaklaşık aynıdır.

d) Tek hat şeması ve döner yöney çizgesi şekil 38 de gösterilmiştir.

## AG VE OG+AG ORTAK HAVA HATTI İLETKENLERİNİN SEÇİMİ

Şekil 38 deki döner yöney çizgesinde  $V = 34,5/\sqrt{3} = 19,919$  kV hat sonu gerilimi gerçel eksen üzerinde alınmıştır.  $I$  hat akımı  $\arccos 0,95 = 18,19^\circ$  geri faz açısındadır.



Şekil 38. Örnek 2 deki OG hattının a) Tek hat gösterilişi, b) Döner yöney çizgesi.

## AG VE OG+AG ORTAK HAVA HATTI İLETKENLERİNİN SEÇİMİ

Hattan çekilen akım:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U \cos \varphi} = \frac{16}{\sqrt{3} \cdot 34,5} = 0,268 \text{ kA}$$

$$\underline{I} = 0,268 \angle -18,19^\circ \text{ kA}$$

$$\underline{Z} = (0,3653 + j0,342) \cdot 4,5 = 2,252 \angle 43,11^\circ \Omega$$

$$\Delta \underline{V} = \underline{I} \underline{Z} = 0,268 \angle -18,19^\circ \cdot 2,252 \angle 43,11^\circ = 0,6035 \angle 24,92^\circ \text{ kV}$$

$$\underline{V}_0 = \underline{V} + \Delta \underline{V} = 19,919 + 0,6035 \angle 24,92^\circ = (20,4663 + j0,2543) = 20,4679 \angle 0,712^\circ \text{ kV}$$

$$U_0 = \sqrt{3} \cdot 20,4679 = 35,4514 \text{ kV}$$

Hattaki yüzde gerilim düşümü:

$$u = \frac{U_0 - U}{U} \cdot \%100 = \frac{35,4514 - 34,5}{34,5} \cdot \%100 = \%2,76$$

Bu gerilim düşümü ile b şıkında hesaplanan gerilim düşümü arasındaki yüzde fark:

$$\frac{\%2,76 - \%2,74}{\%2,76} \cdot \%100 = \%0,7$$

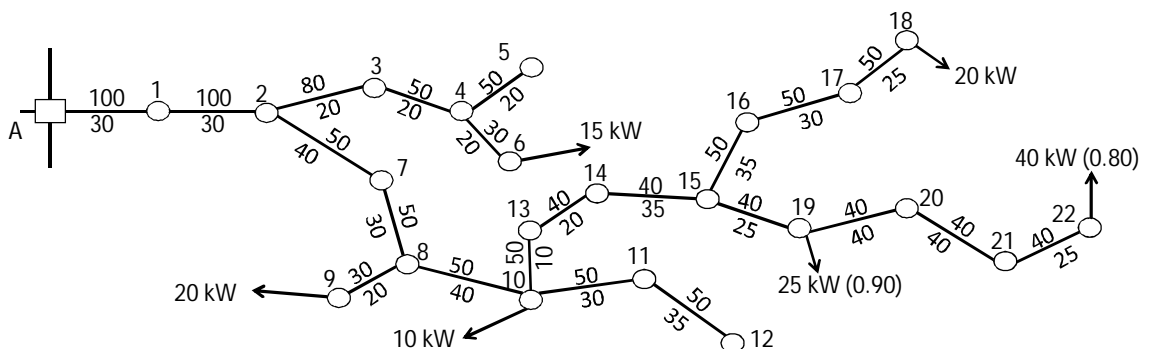
# DISTRIBUTION NETWORKS

## VOLTAGE DROP IN BRANCH NETWORKS

### DISTRIBUTION NETWORKS

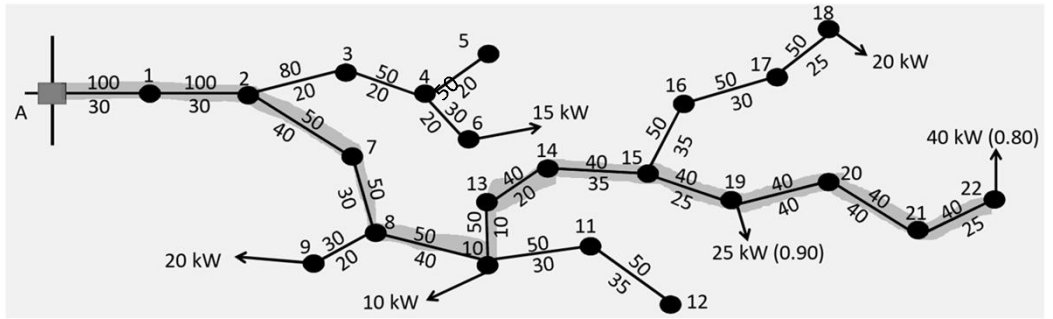
### BRANCH NETWORKS

- Select the longest branch with highest loading. This branch will give the highest voltage drop.
- The conductor size between the separation points on the branch are determined separately.
- Then, by adhering to the determined intermediate sections, the sections of other branches are determined starting from the separation points.
- If there are uniformly distributed loads on the line, these loads are divided into their components as bulk loads and these components are considered as bulk loads at the split points.



# DISTRIBUTION NETWORKS

# BRANCH NETWORKS



	1	2	7	8	10	13	14	15	19	20	21	22	
Toplu Yükleler		15 kW		20 kW	10 kW			20 kW	25 kW (0.90)			40 kW (0.80)	
Yayıllı kol yükleri		4.2 kW		0.6 kW	3.25 kW			4.5 kW					
Yayıllı ara yükler	1.5 kW	3 kW	2.5 kW	1.75 kW	1.75 kW	1.25 kW	0.65 kW	1.1 kW	1.2 kW	1.3 kW	1.6 kW	1.3 kW	0.5 kW

# DISTRIBUTION NETWORKS

# BRANCH NETWORKS

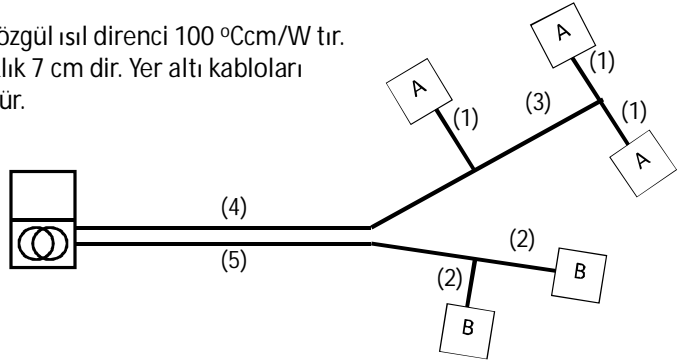
	1	2	7	8	10	13	14	15	19	20	21	22	
Toplu Yükleler		15 kW		20 kW	10 kW			20 kW	25 kW (0.90)			40 kW (0.80)	
Yayıllı kol yükleri		4.2 kW		0.6 kW	3.25 kW			4.5 kW					
Yayıllı ara yükler	1.5 kW	3 kW	2.5 kW	1.75 kW	1.75 kW	1.25 kW	0.65 kW	1.1 kW	1.2 kW	1.3 kW	1.6 kW	1.3 kW	0.5 kW
k													
l													
N													
u													

## ÖRNEK - SORU

Şekildeki A bloklarının her birinin kurulu gücü 80 kW, B bloklarının her birinin kurulu gücü ise 65 kW tır. Bloklar için istek katsayıları ve bloklar arasındaki diversiteler aşağıdaki çizelgelerde verilmektedir. Bloklar gerilimi 220/380 V olan 3 fazlı AG şebekesinden 0.6/1 kV luk NYY kablo ile beslenecektir. Bloklar için  $\cos\phi=0.80$  alınacaktır.

Döşem koşulları: ortam sıcaklığı 35°C, toprağın özgül ısı direnci 100 °Ccm/W tır. Yanyana döşenen kablolar arasındaki temiz açıklık 7 cm dir. Yer altı kabloları sıkıştırılmış kum içinde üzeri tuğla ile örtülmüştür.

Yer altı kablosunun kesiti akım yoğunluğuna göre saptanacaktır. Şekil üzerinde işaretlenmiş bulunan 1, 2, 3, 4 ve 5 kablolarının kesitlerini hesaplayınız.



## ÖRNEK - SORU

ÇZELGE 1.	
Konut Blokları İçin İstek Katsayıları	
Blok Gücü	İstek Katsayısı (%)
0 - 6 ya kadar	85
6 - 10	83
10 - 16 arası	80
16 - 25 arası	75
25 - 35 arası	70
35 - 50 arası	63
50 - 70 arası	53
70 - 95 arası	40
95 den büyük	30

ÇZELGE 2.	
Konut Blokları İçin Diversiteler	
Blok Sayısı	Diversite
2	1.15
3	1.20
4	1.25
5	1.30
6	1.33
6 dan fazla	1.37

## DISTRIBUTION NETWORKS

## BRANCH NETWORKS

### ÖRNEK - SORU

$$\text{Diversite} = \frac{\text{İstek Güçlerinin Toplamı}}{\text{Toplam İstek Gücü}}$$

$$\text{İstek katsayısı (Demand)} = \frac{\text{İstek Gücü}}{\text{Kurulu Güç}}$$

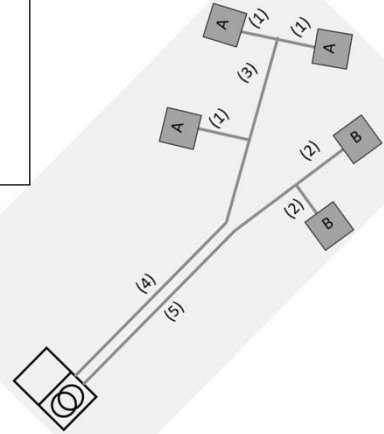
İK=İstek katsayısı  
İG=İstek gücü  
KG=Kurulu güç  
İGT=İstek güçlerinin toplamı  
TiG=Toplam istek gücü  
Div=Diversite

1 nolu kablolarla etkilenen bir A bloğunun istek gücü:

$$\text{İK} = \frac{\text{İG}}{\text{KG}} \implies \frac{40}{100} = \frac{\text{İG}}{80} \implies \text{İG} = \frac{40 \times 80}{100} = 32 \text{ kW}$$

3 nolu kablolarla etkilenen iki A bloğunun toplam istek gücü:

$$\text{Div} = \frac{\text{İGT}}{\text{TiG}} \implies 1.15 = \frac{2 \times 32}{\text{TiG}} \implies \text{TiG} = \frac{2 \times 32}{1.15} = 55.65 \text{ kW}$$



## DISTRIBUTION NETWORKS

## BRANCH NETWORKS

### ÖRNEK - SORU

4 nolu kablolarla etkilenen üç A bloğunun toplam istek gücü:

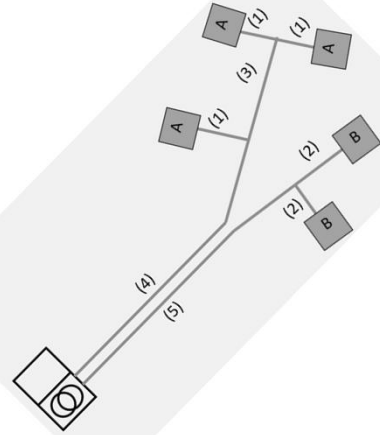
$$\text{Div} = \frac{\text{İGT}}{\text{TiG}} \implies 1.20 = \frac{3 \times 32}{\text{TiG}} \implies \text{TiG} = \frac{3 \times 32}{1.20} = 80 \text{ kW}$$

2 nolu kablolarla etkilenen bir B bloğunun istek gücü:

$$\text{İK} = \frac{\text{İG}}{\text{KG}} \implies \frac{53}{100} = \frac{\text{İG}}{65} \implies \text{İG} = \frac{65 \times 53}{100} = 34.45 \text{ kW}$$

5 nolu kablolarla etkilenen iki B bloğunun toplam istek gücü:

$$\text{Div} = \frac{\text{İGT}}{\text{TiG}} \implies 1.15 = \frac{2 \times 34.45}{\text{TiG}} \implies \text{TiG} = \frac{2 \times 34.45}{1.15} = 59.91 \text{ kW}$$





## ÖRNEK - SORU

Nominal Akımlar:

1 nolu kablo için:

$$I_{n1} = \frac{32\,000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.80} = 60.77 \text{ A}$$

2 nolu kablo için:

$$I_{n2} = \frac{34\,450}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.80} = 65.42 \text{ A}$$

3 nolu kablo için:

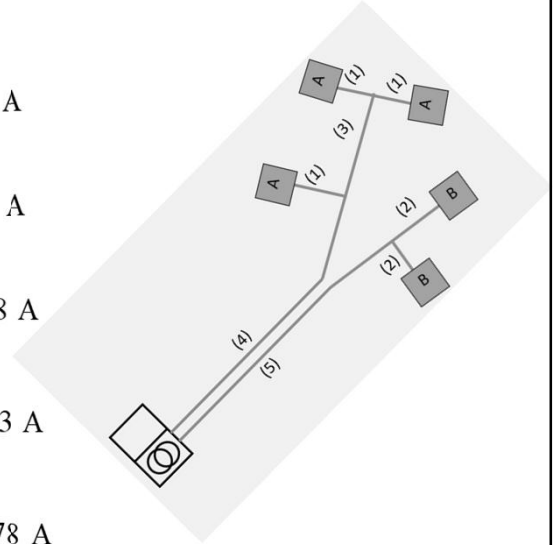
$$I_{n3} = \frac{55\,650}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.80} = 105.68 \text{ A}$$

4 nolu kablo için:

$$I_{n4} = \frac{80\,000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.80} = 151.93 \text{ A}$$

5 nolu kablo için:

$$I_{n4} = \frac{59\,910}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.80} = 113.78 \text{ A}$$



## ÖRNEK - SORU

Koşullar	1. Kablo	2. Kablo	3. Kablo	4. Kablo	5. Kablo
Ortam Sıcaklığı=35°C	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
T Ö. I. D. 100 °C.cm/W	1	1	1	1	1
Yan yana döşeli 7 cm temiz açıklık	-	-	-	0.85	0.85
Termik akımlar (A)	$I_{t1} = \frac{60.77}{0.84} = 72.34 \text{ A}$	$I_{t2} = \frac{65.42}{0.84} = 77.88 \text{ A}$	$I_{t3} = \frac{105.68}{0.84} = 125.8 \text{ A}$	$I_{t4} = \frac{151.93}{0.84 \times 0.85} = 212.78 \text{ A}$	$I_{t5} = \frac{113.78}{0.84 \times 0.85} = 159.35 \text{ A}$
Kesitler	4x10 mm <sup>2</sup>	4x16 mm <sup>2</sup>	3x25/16 mm <sup>2</sup>	3x70/35 mm <sup>2</sup>	3x50/25 mm <sup>2</sup>

## ÖRNEK - SORU

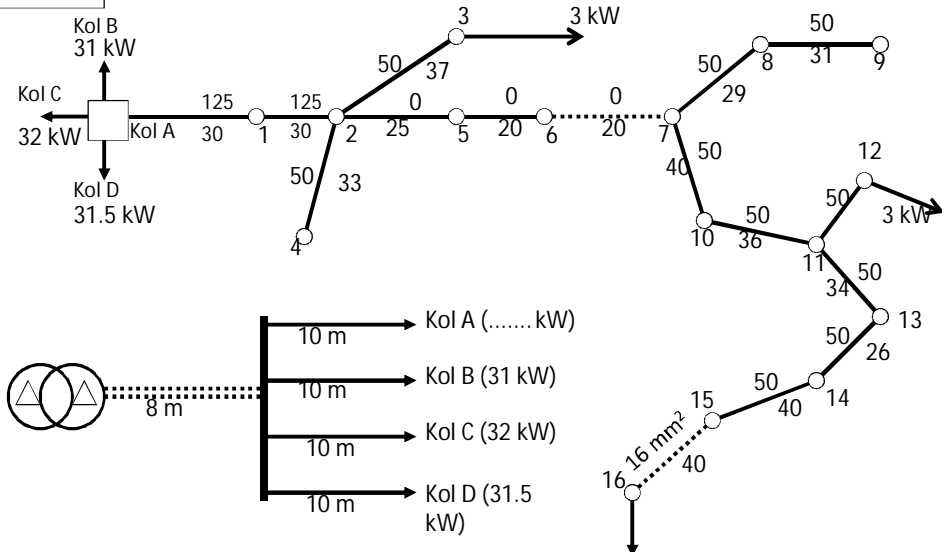
Şekildeki bakır iletkenli AG şebekesi 3x220 V üçgen bağlı akım sisteminden beslenmektedir.

- Transformatörün gücünü kVA olarak belirleyiniz.
- Transformatörden ana tabloya ve ana tablodan her bir çıkışa çekilen NYY kablo ile 6-7 nolu direkler arasına döşenen NYY kablunun kesitini akım yoğunluğuna göre saptayınız. Transformatör direği üzerindeki kablolar ayrı ayrı demir boru içine alınmış ve yanyana döşenmiştir. Ortam sıcaklığı 50 °C dir
- En büyük gerilim düşümünü verecek olan dal için gerilim düşümüne göre hat kesitlerini saptayınız. Gerilim düşümünün izin verilen sınırı %5 dir.
- AG şebekesi aynen kaldığına göre gerilim 220/380 V yapılırsa (c) şıkkında hesaplanan %e gerilim düşümü ne olur?
- e) d şıkkında hesaplanan gerilim düşümünü izin verilen sınır olan %5 değerine dayamak için 15 nolu direktten sonra 40 m daha 16 mm<sup>2</sup> kesitinde hat çekilerek 16 nolu direğe geliniyor ve bu 16 nolu direğe 14.2 kW lık toplu yük bağlanıyor. Ayrıca 15-16 nolu direkler arasına bağlanabilecek olan düzgün yayılı yükü hesaplayınız.

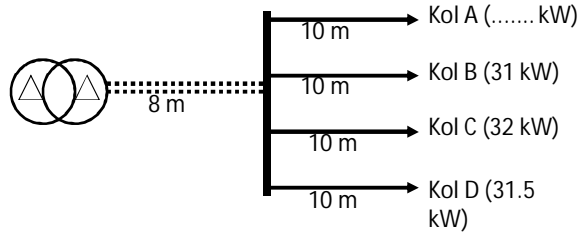
## DISTRIBUTION NETWORKS

## BRANCH NETWORKS

## ÖRNEK - SORU



## ÖRNEK - SORU



A koluna etkiyen toplam yük:

$$N_A = 3 \text{ kW} + 3 \text{ kW} + 50(40 + 26 + 34 + 34 + 36 + 40 + 29 + 31 + 33 + 37) + 125(30 + 30) \text{ W}$$

$$N_A = 6 \text{ kW} + 24500 \text{ W}$$

$$N_A = 30.5 \text{ kW}$$

$$N_T = N_A + N_B + N_C + N_D$$

$$= 30.5 + 31 + 32 + 31.5 \text{ kW}$$

$$= 125 \text{ kW}$$

(a). Transformatörün gücü

$$N_T = S \times \cos \phi \quad \Rightarrow \quad \cos \phi = 1 \quad \text{için} \quad \Rightarrow \quad S = N_T = 125 \text{ kVA}$$

## ÖRNEK - SORU

(b). Nominal Akımlar

8 m lik çıkış için:  $\Rightarrow I_{nT} = \frac{125000}{\sqrt{3} \times 220} = 328.039 \text{ A}$

10 m lik çıkışlar için:

Kol A çıkışı:  $\Rightarrow I_{nA} = \frac{30500}{\sqrt{3} \times 220} = 80.04 \text{ A}$

Kol B çıkışı:  $\Rightarrow I_{nB} = \frac{31000}{\sqrt{3} \times 220} = 81.35 \text{ A}$

Kol C çıkışı:  $\Rightarrow I_{nC} = \frac{32000}{\sqrt{3} \times 220} = 83.97 \text{ A}$

Kol D çıkışı:  $\Rightarrow I_{nD} = \frac{31500}{\sqrt{3} \times 220} = 82.66 \text{ A}$

ÖRNEK - SORU

6-7 nolu direkler arasında etkiyen toplu yük:

$$\begin{aligned}
 N_{6-7} &= 3 \text{ kW} + 50(40 + 26 + 34 + 34 + 36 + 40 + 29 + 31) \text{ W} \\
 &= 3 \text{ kW} + 13.5 \text{ kW} \\
 &= 16.5 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$I_{6-7} = \frac{N_{6-7}}{\sqrt{3} \times 220} = \frac{16500}{\sqrt{3} \times 220} = 43.3 \text{ A}$$

Koşullar	Trafo- Ana tablo arası	Ana Tablo- A Çıkışı	Ana Tablo- B Çıkışı	Ana Tablo- C Çıkışı	Ana Tablo- D Çıkışı	6-7 nolu direkler arası
Kablolar Yanyana demir boru içinde	6 Kablo 0.63	6 kablo 0.63	6 kablo 0.63	6 kablo 0.63	6 kablo 0.63	1 kablo 0.82
Ortam sıcaklığı 50 °C	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
Termik Akımlar	$\frac{328.039}{2 \times 0.63 \times 0.71}$ =366.6 A	$\frac{80.04}{0.63 \times 0.71}$ =178.9 A	$\frac{81.35}{0.63 \times 0.71}$ =181.86 A	$\frac{83.97}{0.63 \times 0.71}$ =187.7 A	$\frac{82.66}{0.63 \times 0.71}$ =184.79 A	$\frac{43.3}{0.82 \times 0.71}$ =74.37 A
Kesitler	2(3x185)	3x70	3x70	3x70	3x70	3x16 mm <sup>2</sup>

(c). En büyük gerilim düşümünü verecek dal için gerilim düşümüne göre hat kesitleri:

ÖRNEK - SORU

	0	0	1	125	2	0	6	0	7	50	11	50	15
	0.008	0.01	0.06	0.045	0.02	0.076	0.1						
	94.500	0.000	3.000	0.000	0.000	3.000	0.000	0.000	3.000	1.700	0		
	0.000	0.000	7.500	0.000	0.000	3.800	5						
	0	0.000	3.75	3.75	0	1.9	4.4	2.5					
	2(3x185)	3x70	Cu 3x70	Cu 3x50	3x16	Cu 3x35	Cu 3x16						
k	0.1283	0.6600	0.7740	1.0920	2.8100	1.0920	2.3340						
L	0.008	0.01	0.06	0.045	0.02	0.076	0.1						
N	125.000	30.500	26.750	16.500	16.500	11.600	2.500						
%u	0.128	0.201	1.242	0.811	0.927	0.963	0.584						
Σ%u	4.856 < 5												

Excel dosyası : dagitim\_05.xls

## ÖRNEK - SORU

(d). AG şebekesi aynen kalır, ve gerilim 220 V yerine 220/380 V olan şebekeden beslenirse yeni %e değeri ne olur?

Yukarıda hesaplanan ve seçilen kesitler aynı kalacak ve yüklerle uzunluklar değişmeyecek. Ancak katsayılar 220 V yerine 380 V a göre alınacaktır. Bu yeni duruma göre %e değerleri:

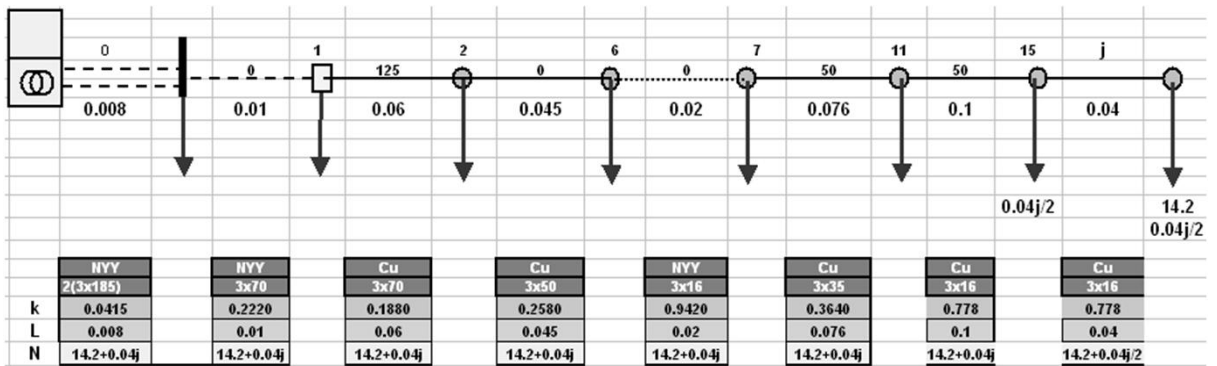
	NYN 2(3x185)	NYN 3x70	Cu 3x70	Cu 3x50	NYN 3x16	Cu 3x35	Cu 3x16
k	0.0415	0.2220	0.1880	0.2580	0.9420	0.3640	0.7780
L	0.008	0.01	0.06	0.045	0.02	0.076	0.1
N	125.000	30.500	26.750	16.500	16.500	11.600	2.500
%u	0.042	0.068	0.302	0.192	0.311	0.321	0.195
$\Sigma\%u$	1.429 < 5						

0.083/2

Excel dosyası : dagitim\_05.xls

## ÖRNEK

(e). d şıkkındaki gerilim düşümünü %5 e dayamak için 15 nolu direkten sonra 40 m lik 3x16 mm<sup>2</sup> kablo çekilerek 16 nolu direğe gidilip bu direkten 14.2 kW toplu yük çekiliyor. Bu durumda 15-16 nolu direkler arasında gelecek düzgün yayılı yük ne olmalıdır?



ÖRNEK

$$\begin{aligned} \%e = & 1.328 \times 10^{-5} j + 0.0047144 + 8.88 \times 10^{-5} j + 0.031524 + 4.512 \times 10^{-4} j \\ & + 0.160176 + 4.644 \times 10^{-4} j + 0.639 + 7.536 \times 10^{-4} j + 0.267528 + 1.1056 \times 10^{-3} j \\ & + 0.3928288 + 3.112 \times 10^{-3} j + 1.10476 + 6.224 \times 10^{-4} j + 0.441904 \end{aligned}$$

$$\%e = \%5 = 0.00661224j + 3.0424352$$

$$5 - 3.0424352 = 0.00661224j$$

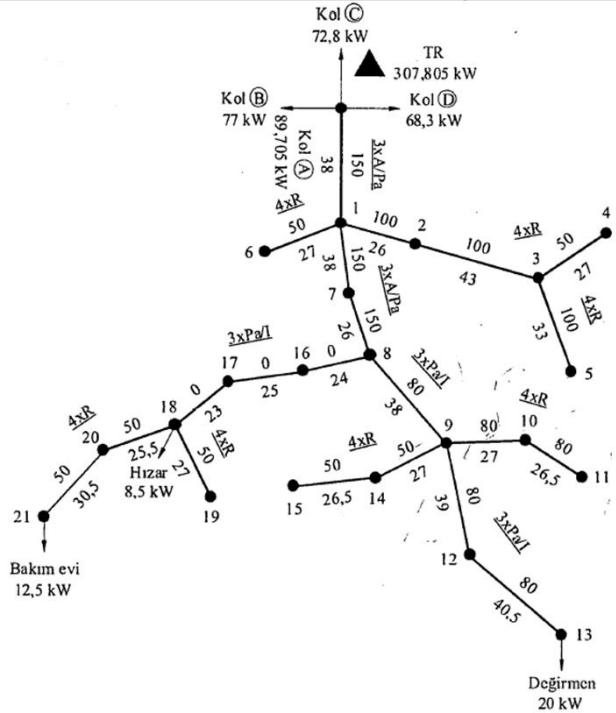
$$j = \frac{5 - 3.0424352}{0.00661224} = 296.05 \text{ kW/km}$$

$$j = 296.05 \text{ kW/km}$$

**Örnek.** Şekildeki alüminyum iletkenli şebekede (Sokak aydınlatma hattı gösterilmemiştir), direk transformatöründen AG tablosuna iniş için 8 m uzunluğunda  $2(3 \times 150/70) \text{ mm}^2$  ve AG tablosundan hava hattının A koluna çıkış için 8 m uzunluğunda  $3 \times 70/35 \text{ mm}^2$  kesitinde YVV kablo döşenmiştir. Direk açıklıklarının altına hat uzunlukları, üstüne yük yoğunlukları yazılmış, ayrıca toplu yükler gösterilmiştir. GK=1 alınmıştır.

## DISTRIBUTION NETWORKS

### VOLTAGE DROP IN BRANCH NETWORKS



## DISTRIBUTION NETWORKS

### VOLTAGE DROP IN BRANCH NETWORKS

Bu dal şebekede hat kesitleri gerilim düşümüne göre saptanacak ve güç kaybı hesaplanacaktır.

Önce, gerilim düşümü, en yüklü ve en uzun olan TR-1-8-18-21 dalında (Bu dalı şaşırmayın!) hesaplanacaktır. Şöyle ki:

1. AG tablosundan çekilen güç olarak, yürünen A kolunun dışındaki B, C ve D kollarından çekilen güçlerin toplamı alınır:

$$P_{B-C-D} = 77 + 72,8 + 68,3 = 218,1 \text{ kW}$$

A kolundan çekilen güç yürünen kolda zaten hesaba girmektedir.

2. Ayırım yükleri:

1 direğinden çekilen güç, yürünen dalın dışında, 1-3, 3-4, 3-5 ve 1-6 arasındaki yayılı yüklerin toplamıdır:

$$P_{A,1} = 100(26 + 43) + 50.27 + 100.33 + 50.27 = 12900 \text{ W} = 12,9 \text{ kW}$$

8 direğinden çekilen güç, yürünen dalın dışında, 8-9, 9-11, 9-13 ve 9-15 arasındaki yayılı yükler ile 13 direğinden çekilen toplu yükün toplamıdır:

$$P_8 = 80.38 + 80(27 + 26,5) + 80(39 + 40,5) + 50(27 + 26,5) + 20000 = 36355 \text{ W} = 36,355 \text{ kW}$$

18 direğinden çekilen güç, yürünen dalın dışında, 18-19 arasından çekilen yayılı yük ile 18 direğinden çekilen toplu yükün toplamıdır:

$$P_{18} = 50.27 + 8500 = 9850 \text{ W} = 9,85 \text{ kW}$$

21 direğinden çekilen toplu yük:

$$P_{21} = 12,5 \text{ kW}$$

3. Ayırım noktaları arasındaki yayılı yüklerin ayırım noktalarındaki toplu yük bileşenleri:

TR direği-1 arasındaki yayılı yük ve bileşenleri:

$$P_{TR-1} = 150.38 = 5700 \text{ W} = 5,7 \text{ kW} \quad \left\{ \begin{array}{l} 2,85 \text{ kW (TR direği)} \\ 2,85 \text{ kW (1 direği)} \end{array} \right.$$

1-8 arasındaki yayılı yük ve bileşenleri:

$$P_{1-8} = 150(38 + 26) = 9600 \text{ W} = 9,6 \text{ kW} \quad \left\{ \begin{array}{l} 4,8 \text{ kW (1 direği)} \\ 4,8 \text{ kW (8 direği)} \end{array} \right.$$

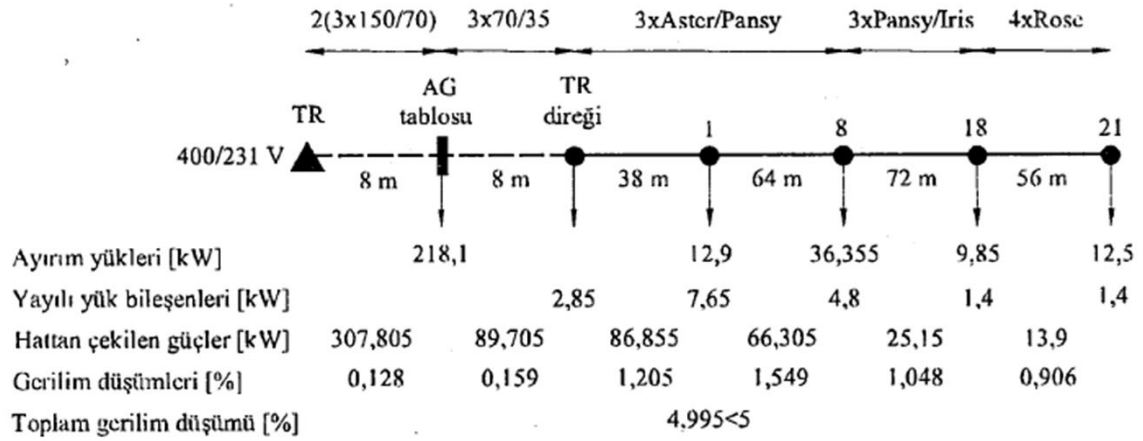
8-18 arasındaki yayılı yük: 0 (Hiç yayılı yük yok)

18-21 arasındaki yayılı yük ve bileşenleri:

$$P_{18-21} = 50(25,5 + 30,5) = 2800 \text{ W} = 2,8 \text{ kW} \quad \left\{ \begin{array}{l} 1,4 \text{ kW (18 direği)} \\ 1,4 \text{ kW (21 direği)} \end{array} \right.$$



4. Hesaplanan yükler ve ayırım noktaları arasındaki açıklıklar aşağıdaki şeklin üzerine yazılmıştır.



5. Ayırım noktaları arasındaki hatlardan çekilen güçler, hattın sonundan başına doğru:

18-21 arasından çekilen güç:

$$P_{18-21} = 12,5 + 1,4 = 13,9 \text{ kW}$$

8-18 arasından çekilen güç:

$$P_{8-18} = 13,9 + 9,85 + 1,4 = 25,15 \text{ kW}$$

1-8 arasından çekilen güç:

$$P_{1-8} = 25,15 + 36,355 + 4,8 = 66,305 \text{ kW}$$

TR-1 arasından çekilen güç:

$$P_{TR-1} = 66,305 + 12,9 + 7,65 = 86,855 \text{ kW}$$

AG tablosu-TR arasından çekilen güç:

$$P_{AG-TR} = 86,855 + 2,85 = 89,705 \text{ kW}$$

TR-AG tablosu arasından çekilen güç:

$$P_{TR-AG} = 89,705 + 218,1 = 307,805 \text{ kW (Transformatörden çekilen güç)}$$

6. Hat bölümlerinin kesitleri TR direği-8 arasında 3xAster/Pansy, 8-18 arasında 3xPansy/ Iris ve 18-21 arasında 4xRose alınmış; buna göre, gerilim düşümü katsayıları çizelge 5.18 den, sırasıyla %0,365, %0,579 ve %1,164 bulunmuştur. TR-AG tablosu ve AG tablosu-TR arasındaki kablolar için gerilim düşümü katsayıları çizelge 5.11 den, sırasıyla  $\%0,104/2=\%0,052$  (iki paralel kablo olduğundan 2 ile bölünmüştür) ve %0,222 alınmıştır.

Gerilim düşümü, [5.24.1] bağıntısından:

$$u = \sum_{i=1}^6 k_{3,i}'' P_i l_i = \%0,052 \cdot 307,805 \cdot 0,008 + \%0,222 \cdot 89,705 \cdot 0,008$$

$$+ \%0,365(86,855 \cdot 0,038 + 66,305 \cdot 0,064) + \%0,579 \cdot 25,15 \cdot 0,072$$

$$+ \%1,164 \cdot 13,9 \cdot 0,056 = \%0,128 + \%0,159 + \%2,754 + \%1,048 + \%0,906$$

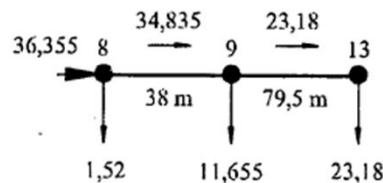
$$= \%4,995 < \%5$$

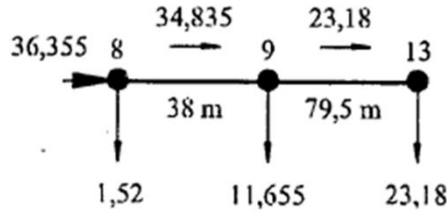
Seçilen kesitler ve gerilim düşümleri yukarıdaki şeklin üzerine yazılmıştır.

7. 8-13 arasındaki hat bölümlerinin kesitlerini saptamak için, bu aradaki gerilim düşümü hesabı basit olarak yapılır.

TR direği-8 arasındaki gerilim düşümü, yukarıdaki şekilden  $\%0,128 + \%0,159 + \%1,205 + \%1,549 = \%3,041$  olduğundan, 8-13 arasındaki gerilim düşümü, kalan gerilim düşümü olan  $\%5 - \%3,041 = \%1,959$  olmalıdır.

Hattan çekilen güçler aşağıdaki şeklin üzerine yazılmıştır. 8 den önceki hattan çekilen 36,355 kW gücün, her iki şekil karşılaştırılırsa, aynı olduğu görülmektedir.





8-9-13 arasındaki hat bölümlerinin kesiti 3xPansy/Iris alınmıştır. Gerilim düşümü [5.24.1] bağıntısından:

$$u = \sum_{i=1}^2 k_{3,i}'' P_i l_i = \%0,579(23,18.0,0795 + 34,835.0,038) = \%1,833 < \%1,959$$

Toplam gerilim düşümü:  $\%3,041 + \%1,833 = \%4,874$

Hat kesitinin saptanması için, gerilim düşümü bilindiğine göre, gerilim düşümü katsayısı hesaplanmış  $\left( k_3'' = \frac{\%1,959}{23,18.0,0795 + 34,835.0,038} = \%0,619 \right)$  ve buna uygun kesit belirlenmiştir.

Dal şebekenin öbür dallarının kesitleri de saptanarak şeklin üzerine yazılmıştır.

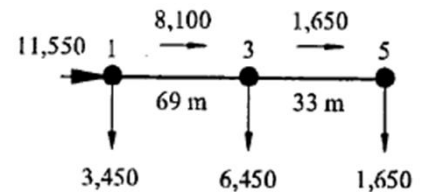
Güç kaybı, aynen gerilim düşümünde olduğu gibi TR direği-1-8-18-21 dalında, sonra sırasıyla öbür dallarda hesaplanacaktır. Şöyle ki:

Sahife 5.55 deki hattan çekilen güçler alınarak, mutlak güç kaybı, çizelge 5.20 ve 5.27 deki mutlak güç kaybı katsayılarından ve [5.22.2] bağıntısından:

$$\begin{aligned}\Delta P_{TR-1-8-18-21} &= \sum_{i=1}^6 m'_{3,i} P_i^2 l_i = 0,0010 \cdot \frac{1}{2} \cdot 307,805^2 \cdot 0,008 + 0,0022 \cdot 89,705^2 \cdot 0,008 \\ &+ 0,0037(86,855^2 \cdot 0,038 + 66,305^2 \cdot 0,064) \\ &+ 0,0058 \cdot 25,15^2 \cdot 0,072 + 0,0116 \cdot 13,9^2 \cdot 0,056 = 3,012 \text{ kW}\end{aligned}$$

Sahife 5.58 deki hattın çekilen güçler için:

$$\Delta P_{8-9-13} = 0,0058(23,18^2 \cdot 0,0795 + 34,835^2 \cdot 0,038) = 0,515 \text{ kW}$$



1-3-5 hattı:

$$\Delta P_{1-3-5} = 0,0116(1,650^2 \cdot 0,033 + 8,100^2 \cdot 0,069) = 0,054 \text{ kW}$$

Yukarıdan aşağıya doğru, dallanmayan 1-6 hattı:

$$\Delta P_{1-6} = 0,0116 \cdot 0,675^2 \cdot 0,027 = 0,000 \text{ kW}$$

3-4 hattı:

$$\Delta P_{3-4} = 0,0116 \cdot 0,675^2 \cdot 0,027 = 0,000 \text{ kW}$$

9-11 hattı:

$$\Delta P_{9-11} = 0,0116 \cdot 2,140^2 \cdot 0,0535 = 0,003 \text{ kW}$$

9-15 hattı:

$$\Delta P_{9-15} = 0,0116 \cdot 1,3375^2 \cdot 0,0535 = 0,001 \text{ kW}$$

18-19 hattı:

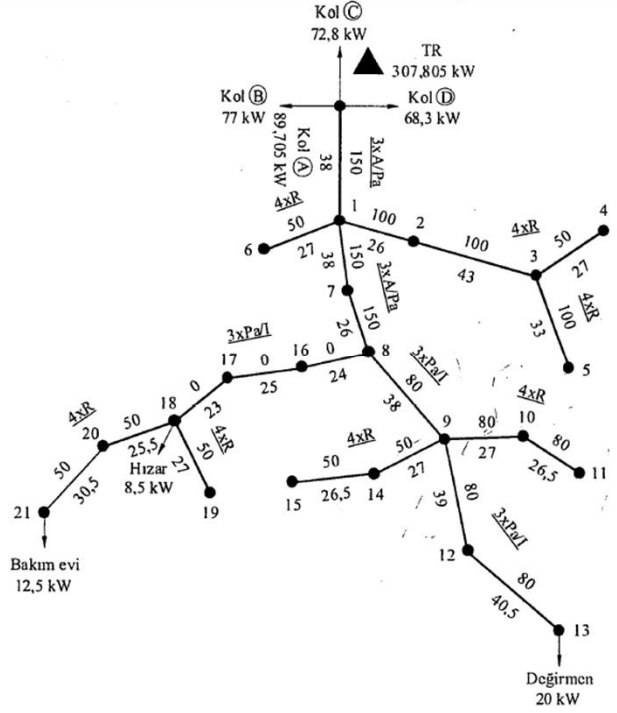
$$\Delta P_{18-19} = 0,0116 \cdot 0,675^2 \cdot 0,027 = 0,000 \text{ kW}$$

Ⓐ kolunda mutlak güç kaybı:

$$\Delta P = 3,012 + 0,515 + 0,054 + 0,003 + 0,001 = 3,585 \text{ kW}$$

Ⓐ kolunda yüzde güç kaybı:

$$p = \frac{\Delta P}{P} \cdot \%100 = \frac{3,585}{89,705} \cdot \%100 = \%3,996$$



## DISTRIBUTION NETWORKS

## VOLTAGE DROP IN BRANCH NETWORKS

**En az iletken ağırlığını veren kesit.** Yukarıdaki örnekte gerilim düşümü ayırımı noktaları arasında gelişigüzel bölüştürülmüştür. Gerilim düşümü bölüşümü, ekonomik nedenle, en az iletken ağırlığını verecek şekilde yapılabilir. Bunun için, gerilim düşümü bağıntısı iletken ağırlığına göre yazılır. İletkenin özgül ağırlığı  $\gamma$  ise, ağırlığı  $G = \gamma A l$  dir.

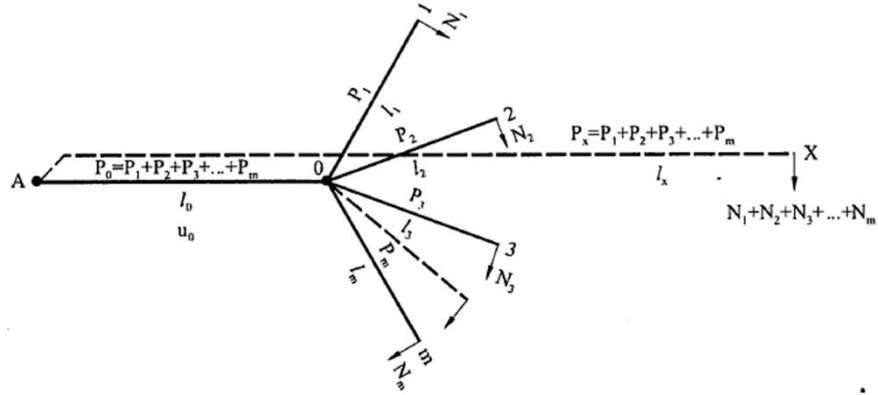
Hattın endüktif direnci savsaklanır ( $X=0$ ) ve bu hesap, örneğin üç fazlı hatlar için yapılırsa, [5.6.4] bağıntısından,  $A = G/\gamma l$  yazılırsa:

$$u = \frac{Pl}{\kappa A U^2} \cdot \%100 = \frac{Pl}{\kappa U^2} \cdot \frac{\gamma l}{G} \cdot \%100 = \frac{\gamma}{\kappa U^2} \cdot \%100 \frac{Pl^2}{G}$$

$$c = \frac{\gamma}{\kappa U^2} \cdot \%100 \text{ denirse:}$$

$$(1) \quad u = c \frac{Pl^2}{G}$$

Şekil 5.13 deki dal şebekede, hat sonunda izin verilen gerilim düşümü  $u$ , hattın  $\overline{AO}$  bölümündeki gerilim düşümü  $u_0$  ise, hattın  $\overline{0-1}$ ,  $\overline{0-2}$ , ...,  $\overline{0-m}$  dallarında gerilim düşümü  $u-u_0$  olmalıdır.



Şekil 5.13. En az iletken ağırlığını veren gerilim düşümü hesabı için örnek dal şebeke.

(1) den:

$$u_0 = c \frac{(P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_m) l_0^2}{G_0}$$

ve dallarda:

$$u - u_0 = c \frac{P_1 l_1^2}{G_1} = c \frac{P_2 l_2^2}{G_2} = c \frac{P_3 l_3^2}{G_3} = \dots = c \frac{P_m l_m^2}{G_m}$$

Toplam iletken ağırlığı:

$$G = G_0 + G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_m$$

$$G = c \left[ \frac{(P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_m) l_0^2}{u_0} + \frac{P_1 l_1^2 + P_2 l_2^2 + P_3 l_3^2 + \dots + P_m l_m^2}{u - u_0} \right]$$

En az iletken ağırlığı için  $u_0$  değişkenine göre türev alınır ve türev sıfıra eşit yazılırsa:

$$\frac{dG}{du_0} = c \left[ -\frac{(P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_m) l_0^2}{u_0^2} + \frac{P_1 l_1^2 + P_2 l_2^2 + P_3 l_3^2 + \dots + P_m l_m^2}{(u - u_0)^2} \right] = 0$$

Buradan:

$$\frac{(P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_m) l_0^2}{u_0^2} = \frac{P_1 l_1^2 + P_2 l_2^2 + P_3 l_3^2 + \dots + P_m l_m^2}{(u - u_0)^2}$$

$$(2) \quad u_0 = \frac{1}{1 + \frac{1}{l_0} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m P_i l_i^2}{\sum_{i=1}^m P_i}}} \cdot u$$

Bu dal şebeke yerine eşdeğeri olan, dolayısıyla her ikisinde de hattan çekilen güçler, gerilim düşümleri ve iletken ağırlıkları eşit olan  $l_x$  uzunluğundaki düşünsel AX düz şebeke alınır, eşdeğer düz şebekede:

$$G_x = c \frac{(P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_m) l_x^2}{u}$$

$G_x = G_0 + G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_m$  yazılırsa:

$$\begin{aligned} & c \frac{(P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_m) l_x^2}{u} \\ & = c \left[ \frac{(P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_m) l_0^2}{u_0} + \frac{P_1 l_1^2 + P_2 l_2^2 + P_3 l_3^2 + \dots + P_m l_m^2}{u - u_0} \right] \end{aligned}$$

$$\frac{l_x^2 \sum_{i=1}^m P_i}{u} = \frac{l_0^2 \sum_{i=1}^m P_i}{u_0} + \frac{\sum_{i=1}^m P_i l_i^2}{u - u_0}$$

(2) de bulunan  $u_0$  burada yerine konursa:

[5.25.1]

$$l_x = l_0 + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m P_i l_i^2}{\sum_{i=1}^m P_i}}$$

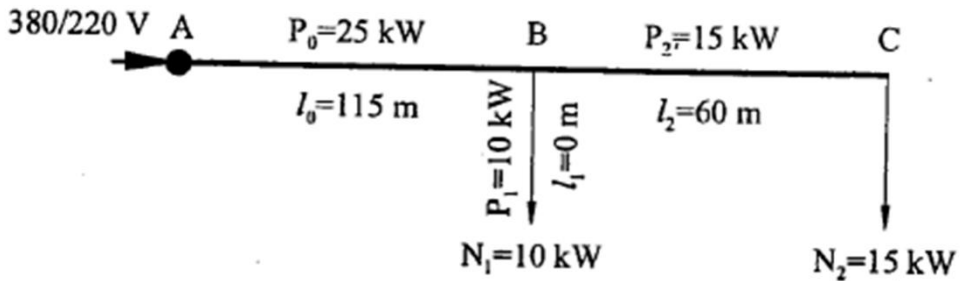
Yine (2) bağıntısından:

[5.25.2]

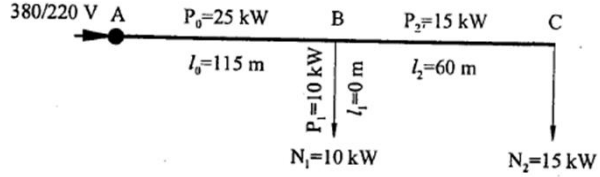
$$u_0 = \frac{l_0}{l_x} \cdot u$$

**Örnek.** Şekilde üç fazlı dizgeden beslenen YVV kablo şebekesinde en az iletken ağırlığını veren hat kesitleri saptanacaktır. İzin verilen gerilim düşümü %3 dür.

B noktasında yük doğrudan hatta bağlıdır.



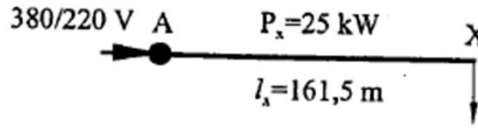




[5.25.1] bağıntısından:

$$l_x = l_0 + \sqrt{\frac{P_1 l_1^2 + P_2 l_2^2}{P_1 + P_2}} = 115 + \sqrt{\frac{10.0^2 + 15.60^2}{10 + 15}} = 161,5 \text{ m}$$

Düşünsel düz şebeke aşağıdaki gibi olur:



[5.25.2] bağıntısından:

Gerilim düşümü katsayıları, [5.12] bağıntısından:

$$k_{3,AB}'' = \frac{u}{Pl} = \frac{\%2,136}{25.0,115} = \%0,743$$

$$k_{3,BC}'' = \frac{\%0,864}{15.0,060} = \%0,960$$

$$u_{AB} = \frac{l_0}{l_x} \cdot u = \frac{115}{161,5} \cdot \%3 = \%2,136$$

$$u_{BC} = \%3 - \%2,136 = \%0,864$$

Hat kesitleri, çizelge 5.11 den:

$$\overline{AB} \text{ hat bölümünde, GK=1 için: } 3 \times 25/16 \text{ mm}^2 \rightarrow k_3'' = \%0,602$$

$$\overline{BC} \text{ hat bölümünde, GK=1 için: } 3 \times 16/10 \text{ mm}^2 \rightarrow k_3'' = \%0,956$$

Bu kesitler için toplam gerilim düşümü:

$u = \%0,602 \cdot 25.0,115 + \%0,956 \cdot 15.0,060 = \%2,591 < \%3$  dür. Gerilim düşümünü %3 sınırına dayamak için kesit düşürmek denenebilir. Ancak, bu örnekte kesit düşürüldüğünde gerilim düşümü kurtarmamaktadır.

## 5.11. GERİLİM DÜŞÜMÜ VE GÜÇ KAYBI FÖYÜ

AG şebekelerinde gerilim düşümünü hesaplamak için, TEDAŞ ın kullandığı föy sahife 5.64 de verilmiştir. Bu föyde:

1. Yayılı yükler için, yük yoğunlukları ile ara uzunluklar çarpılarak ara yayılı yükler hesaplanır.
2. Ara yayılı yüklerin ayırım noktalarındaki bileşenleri bulunur ve noktalı oklarla gösterilen yerlere bileşen yükler yazılır.
3. Ayırım yükleri (Toplu yükler) her GK için ayrı ayrı yazılır.
4. Hattın sonundan başlayarak hattın başına doğru ara yayılı yüklerin bileşenleri ile ayırım yükleri sırasıyla toplanır ve hattan çekilen güçler olarak her GK için ayrı ayrı yazılır.

Bundan sonra:

5. Hattın ayırım noktaları arasındaki kesitleri tahmin edilir, bu kesitler ve GK ları için gerilim düşümü katsayıları çizelge 5.10 ara 5.18 den alınır.

6. [5.12] bağıntısından ara gerilim düşümleri hesaplanır. Bu gerilim düşümleri toplanarak hattaki gerilim düşümü bulunur. Bu gerilim düşümü izin verilen gerilim düşümünden küçük olmalıdır. Değilse, hat kesitleri değiştirilerek istenen sonuç elde edilinceye dek hesap yinelenir.

Şebeke: _____ Kol: _____		GERİLİM DÜŞÜMÜ FÖYÜ	Tarih: _____ Sahife: _____
Hat kesitleri [mm <sup>2</sup> ]	_____		_____
Yük yoğunluğu [kW/km]	_____		_____
Ayırım noktaları/Direk No	_____		_____
Ara uzunluklar [km]	_____		_____
Ara yayılı yükler [kW]	_____	_____	_____
Ara yayılı yüklerin bileşenleri [kW]	_____	_____	_____
Ayırım yükleri [kW]	GK=1,00 _____ GK= _____ GK= _____	_____	_____
Hattan çekilen güçler [kW]	GK=1,00 _____ GK= _____ GK= _____	_____	_____
Gerilim düşümü katsayıları [%/kWkm]	GK=1,00 _____ GK= _____ GK= _____	_____	_____
Ara gerilim düşümleri [%]	_____	_____	_____
Toplam gerilim düşümü [%]	_____	_____	_____ < %5

Şebeke: _____		GÜÇ KAYBI FÖYÜ		Tarih: _____	
Kol: _____				Sahife: _____	
Hat kesitleri [mm <sup>2</sup> ]	_____				
Yük yoğunluğu [kW/km]	_____				
Ayırım noktaları/Direk No	_____				
Ara uzunluklar [km]	_____				
Ara yayılı yükler [kW]	_____	_____			
Ara yayılı yüklerin bileşenleri [kW]	_____	_____			
Ayırım yükleri [kW]	GK=1,00	_____	_____	_____	_____
	GK=_____	_____	_____	_____	_____
	GK=_____	_____	_____	_____	_____
Hattan çekilen güçler [kW]	GK=1,00	_____	_____	_____	_____
	GK=_____	_____	_____	_____	_____
	GK=_____	_____	_____	_____	_____
Güç kaybı katsayıları [kW/(kW) <sup>2</sup> km]	GK=1,00	_____	_____	_____	_____
	GK=_____	_____	_____	_____	_____
	GK=_____	_____	_____	_____	_____
Ara güç kayıpları [kW]	_____	_____	_____	_____	_____
Toplam güç kaybı [kW]	_____	_____	_____	_____	_____
Verileri alan: _____		Hesabı yapan: _____			

AG şebekelerinde güç kaybını hesaplamak için sahife 5.65 deki föy kullanılabilir. Bu föy de, aynen gerilim düşümü föyünde olduğu gibi doldurulur. Eğer, güç kaybı hesaplanacak olan şebeke için önceden gerilim düşümü föyü doldurulmuşsa, 1, 2, 3 ve 4 deki işlemlerin yapılması gerekmez, yalnız hattan çekilen güçlerin yazılması yeterli olur.

Bundan sonra, saptanan kesitler ve GK ları için mutlak güç kaybı katsayıları çizelge 5.19 ara 5.27 den alınır ve [5.20.1] ile [5.22.1] bağıntılarından ara mutlak güç kayıpları, bu mutlak güç kayıpları toplanarak hattaki mutlak güç kaybı bulunur.

Mutlak güç kaybından, o koldan çekilen güç baz alınarak yüzde güç kaybı hesaplanır.

## 5.12. AG DÖŞEMLERİNDE KESİTİN SAPTANMASI İÇİN ÇİZELGELER

**1. 0,6/1 kV YVV ve YVMV kablo kesitinin saptanması.** YVV(NYY) ve YVMV (NYCY) kablolar yeraltına, beton kanala veya tavana sabit olarak döşenirler.

**Yeraltında döşenme.** YVV ve YVMV kabloların yeraltında döşenme koşullarında, ortam sıcaklığı 30 °C, yüklenme katsayısı 0,70, toprak ısı direnci 2,5 Km/W ve kablo künk veya boru içinde döşeli olduğuna göre; düzeltme katsayıları ayıt 3.33 den,  $y=0,68.0,85=0,578$  alınarak üç fazlı besleme için çizelge 3.16 daki yüklenme akımlarından, çizelge 5.30 daki bağlanabilecek en büyük güç hesaplanmıştır.

Çizelge 5.30 un düzenlenmesi: Örneğin,  $4 \times 1,5 \text{ mm}^2$  kablo için yüklenme akımı çizelge 3.16 dan 26 A, düzeltilmiş yüklenme akımı  $26.0,578=15,03 \text{ A}$  ve çekilebilecek en büyük güç,  $GK=1$  için  $\sqrt{3} \cdot 0,380.15,03.1=9,9 \text{ kW}$ ,  $GK=0,8$  için  $\sqrt{3} \cdot 0,380.15,03.0,80=9,7 \text{ kW}$  tır.

Ayrıca, çizelge 5.30 da, çizelge 5.11 den alınan  $k_3$  gerilim düşümü katsayılarıyla, izin verilen gerilim düşümü %5 olduğuna göre, [5.12] bağıntısından güç momenti hesaplanmıştır. Örneğin,  $4 \times 1,5 \text{ mm}^2$  kabloda izin verilen gerilim düşümü %5 olduğuna göre,  $GK=1$  için güç momenti  $P_l=\%5/\%10,04=0,498 \text{ kWkm}=498 \text{ kWm}$ ; bu güç momenti için çekilebilecek en büyük güce karşılık olan en büyük uzunluk  $498/9,9=50,3 \text{ m}$ ,  $GK=0,80$  için güç momenti  $P_l=\%5/\%10,10=0,495 \text{ kWkm}=495 \text{ kWm}$ ; bu güç momenti için çekilebilecek en büyük güce karşılık olan en büyük uzunluk  $495/7,9=62,7 \text{ m}$  dir.

Bu açıklamadan da anlaşıldığı gibi, [5.12] bağıntısına göre, güç momenti ile  $k_3$  gerilim düşümü katsayısının çarpımı izin verilen gerilim düşümünü verir. Örneğin,  $4 \times 1,5 \text{ mm}^2$  kabloda gerilim düşümü,  $GK=1$  için  $\%10,04.0,498=\%5$ ,  $GK=0,80$  için  $\%10,10.0,495=\%5$  dir.

Çizelge 5.30 un kullanılması: Önce, kablodan çekilen güce göre kablonun en küçük kesiti belirlenir. Sonra, kablonun uzunluğu ile çizelgedeki en büyük uzunluk kıyaslanır. Kablonun uzunluğu çizelgedeki en büyük uzunluktan küçükse, gerilim düşümü kurtarır; büyükse, çekilen güce ve güç momentine göre yeni uzunluk hesaplanır, bu uzunluk da kurtarmazsa bir üst kesit için hesap yinelenir.

**Örnek 1.** Ana tablodan arıtma tablosu yeraltında döşenen YVV kablo ile beslenmektedir. Arıtma tablosunun istek gücü 90 kW, kablonun uzunluğu 300 m, GK=0,80 ve izin verilen gerilim düşümü %5 olduğuna göre kablonun kesiti saptanacaktır.

Çizelge 5.30 dan, 90 kW ve GK=0,80 için YVV kablonun en küçük kesiti 3x120/70 mm<sup>2</sup> dir. En büyük uzunluk 310,5 m>300 m olduğundan, gerilim düşümü kurtarır.

Saptanan kesit için gerilim düşümü, güç momentlerinin oranından:

$$\frac{90.300}{29586} .\%5 = \%4,563$$

**Örnek 2.** Örnek 1 deki kablonun uzunluğu 350 m olduğuna göre kablonun kesiti saptanacaktır.

310,5 m<350 m olduğundan, kurtarmaz ve kablonun uzunluğu güç momentinden hesaplanır:

$$\frac{29586}{90} = 328,7 \text{ m} < 350 \text{ m}$$

oldüğundan, bu uzunluk da kurtarmadığından bir üst kesit olan 3x150/70 mm<sup>2</sup> seçilir. Bu kesit için uzunluk, güç momentlerinin oranından:

$$328,7 \frac{34483}{29586} = 383,1 \text{ m} > 350 \text{ m}$$

oldüğundan, kurtarır. 3x150/70 mm<sup>2</sup> kesit için gerilim düşümü:

$$\frac{350}{383,1} .\%5 = \%4,568$$

**Havada döşenme.** YVV ve YVMV kabloların havada döşenme koşullarında, ortam sıcaklığı 30 °C, kablolar duvara, zemine veya tavana bitişik döşeli (Kablo sayısı: 3), yada kablo rafı üzerine bitişik döşeli (Kablo sayısı: ≥9) olduğuna göre; düzeltme katsayısı çizelge 3.35 den,  $y=0,73$  alınarak üç fazlı besleme için çizelge 3.29 daki yüklenme akımlarından, çizelge 5.31 deki bağlanabilecek en büyük güç hesaplanmıştır.

**Örnek 3.** Fabrikanın ana tablosundan, kablo rafı üzerine döşenen YVV kablo ile ikincil tablolar beslenmektedir. Güç 100 kW, GK= 0,80, kablunun uzunluğu 160 m dir.

Çizelge 5.31 den, 90 kW, GK=0,80 ve %3 gerilim düşümü için YVV kablunun en küçük kesiti  $3 \times 95/50 \text{ mm}^2$  dir. En büyük uzunluk  $262,6 \cdot 0,6 = 157,6 \text{ m} < 160 \text{ m}$  olduğundan, gerilim düşümü kurtarmaz. Kablo uzunluğu bir kez de güç momentinden hesaplanır ve kurtarıyor mu bakılır.

Güç momentinden hesaplanan kablo uzunluğu:

$$\frac{24631 \cdot 0,6}{90} = 164,2 \text{ m} > 160 \text{ m}$$

oldüğundan, kurtarır.

Saptanan kesit için gerilim düşümü:

$$\frac{160}{164,2} \cdot \%3 = \%2,923$$

Güç momenti  $k_3''$  gerilim düşümü katsayısına bağlı olduğundan, kablo ister yeraltında, ister havada döşenmiş olsun değişmez. Bak: Çizelge 5.30 ve 5.31.

Çizelge 5.30 ve 5.31 den yararlanarak, daha basit olan çizelge 5.32 ve 5.33 düzenlenmiştir. Bu çizelgeler ana besleme kabloları için düzenlendiğinden, izin verilen gerilim düşümü %5 alınmıştır. Gerilim düşümü %3 ise, çizelgedeki uzunluklar  $\%3/\%5=0,6$  ile çarpılır.

**2. Motor besleme kablosu kesitinin saptanması.** Motor besleme kablosu olarak YVV veya YVMV kablo seçilmiş, bu kablolar çizelge 5.31 in düzenlenmesindeki koşullarda havada döşenmiştir. İzin verilen gerilim düşümü %3 dür. Bak: Sahife 5.30.

Motor besleme kablolarının kesitleri çizelge 5.34 de verilmiştir.

En büyük uzunluğun hesabında motorun anma gücü yerine, bu güç verime bölünerek şebekeden çektiği güç alınmıştır. Örneğin, 1,1 kW gücündeki motorun şebekeden çektiği güç  $1,1/0,75=1,467$  kW tır.

**Örnek 4.** Gücü 37 kW olan motorun YVV besleme kablosunun uzunluğu 125 m dir.

Besleme kablosunun kesiti, çizelge 5.34 den  $3 \times 25/16$  mm<sup>2</sup> dir.  $125 \text{ m} > 116 \text{ m}$  olduğundan, kurtarmaz ve bir üst kesit olan  $3 \times 35/16$  mm<sup>2</sup> seçilir. Bu kesit için uzunluk, güç momentlerinin oranından:

$$116 \frac{6438}{4723} = 158,1 \text{ m} > 125 \text{ m}$$

oldüğundan, kurtarır.  $3 \times 35/16$  mm<sup>2</sup> kesit için gerilim düşümü:

$$\frac{125}{158,1} \cdot \%3 = \%2,372$$

**3. Konutlarda besleme kablosunun kesitinin saptanması.** Konutların beslenmesi için YVV veya YVMV kablo kullanılır. Bu kablolar çizelge 5.30 un düzenlenmesindeki koşullarda yeraltında döşenmiştir. İzin verilen gerilim düşümü %0,5 dir. Bak: Sahife 5.30.

Konutlarda besleme kablolarının kesitleri çizelge 5.35 de verilmiştir.

Konutlarda besleme kablolarının kesitleri çizelge 5.35 deki bağlama güçleri ve uzunluklar için doğrudan seçilebilir.

**Örnek 5.** İstek gücü 65 kW olan apartman şebeke direğinden 20 m uzunluğunda YVMV kablo ile beslenecektir. Besleme kablosunun kesiti saptanacaktır.

Çizelge 5.35 de 65 kW güç ve GK=1 için en küçük kesit 3x50/25 mm<sup>2</sup> dir. Bu güç için kablo uzunluğu 24,3 m > 20 m olduğundan, kırtarır.

Yüzde gerilim düşümünün hesabı için aşağıdaki bağıntılar da kullanılmaktadır.

Bir faz için U=220 V ve üç faz için U=380 V,  $\kappa=56 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$  alınırsa, yüzde gerilim düşümü,

$$\text{Bir fazlı hatlar için, [5.5.4] bağıntısından: } u = \%73,8 \frac{PI}{A}$$

$$\text{Üç fazlı hatlar için, [5.6.4] bağıntısından: } u = \%12,4 \frac{PI}{A}$$

Bu bağıntıların kullanılması, sahife 5.16 daki açıklamalar gözardı edildiği için, önerilmemektedir.

Bu bağıntıya göre, yukarıdaki örnekte:

$$A = \%12,4 \frac{PI}{u} = \%12,4 \frac{65 \cdot 10^{-3} \cdot 20}{\%0,5} = 32,2 \approx 35 \text{ mm}^2$$



**4. Konutlarda kolon hatlarının yüklenme güçleri ve gerilim düşümü katsayıları.** Konutların iç döşemlerinde boru içinde sıva altında NV-a(NYA) kablolar veya borusuz olarak duvara sabit döşenen NVV(NYM) kablolar kullanılır.

NV-a kablolar iç döşemlerde boru içinde sıva altına döşendiğine göre, döşenme şekli B1 dir. Bak: Çizelge 3.8. Ortam sıcaklığı 40 °C için sıcaklık düzeltme katsayısı  $n_t=0,87$  olduğundan, yüklü iletken sayısı 2 ve 3 için bir ve üç fazlı kolon hatlarında çizelge 5.36 daki yüklenme güçleri alınır.

NV-a ve NVV kablolar için R' değerleri çizelge 3.3 den, iletkenin izin verilen sıcaklığı olan 70 °C için sıcaklık düzeltme katsayısı çizelge 3.55 den,  $n_t=1,1965$  alınarak yüzde gerilim düşümü katsayıları sahife 5.20 de olduğu gibi hesaplanmış ve çizelge 5.37 de verilmiştir.

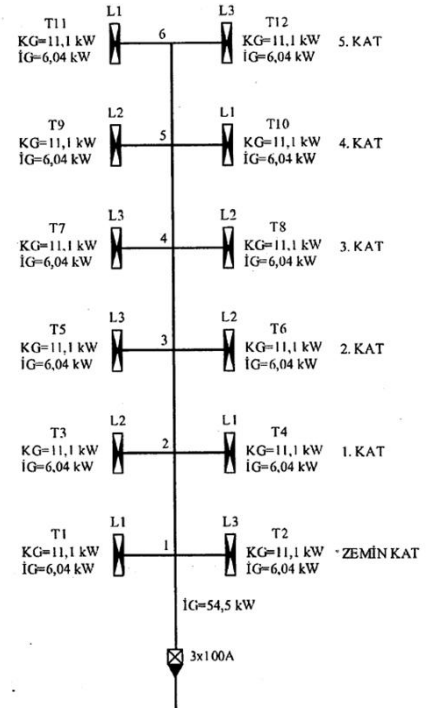
**Örnek 6.** 12. daireli apartmanın linye ve kolon kesitleri saptanacaktır. Dairelerin kurulu güçleri ve istek güçleri ile faz dağılımı kolon şemasının üzerine yazılmıştır.

Daire tablolarına bir fazlı dağıtım yapılmıştır.

Not: EİTY nin 22. maddesinde, güç 5 kW ın üstünde ise besleme üç fazlı yapılır denmektedir. Şehir şebekelerinin dengeli yüklenmelerini amaçlayan bu maddeden, her bir daire tablosunun değil, apartmanın şebekeye bağlantısının üç fazlı yapılması anlaşılmalıdır. Tek başına şebekeye bağlanacak olan bir konutun istek gücü 5 kW ın üstündeyse bu konut üç fazlı beslenmelidir. Bir apartmanın içindeki daire tablolarının güçleri 5 kW ın üstünde bile olsa, bu daireler fazlara dengeli olarak dağıtılmışlarsa bir fazdan beslenebilirler; ancak, apartmanın üç fazlı beslenmesi gerekir.

Üst kat tablolarından zemin kat tablosuna doğru, her faz için katlar arasındaki kolon bölümlerinde istek güçleri hesaplanır. Faz dağılımına göre her bir fazdan 4 tablo beslenmektedir. İstek güçleri ve farklı zamanlılık katsayıları çizelge 5.8 den alınarak, 1 tablo için 6,04 kW, 2 tablo için  $2.6,04/1,11=10,88$  kW, 3 tablo için  $3.6,04/1,33=13,62$ , 4

## DISTRIBUTION NETWORKS



## DISTRIBUTION NETWORKS

### VOLTAGE DROP IN BRANCH NETWORKS

tablo için  $4.6,04/1,33=18,17$  kW ve kofrede istek gücü,  $3 \times 18,17=54,5$  kW tır. Veya, zemin kat-1 arasındaki kolon bölümünden 12 daire beslendiğinden, faz sayısı olan 3 e bölünerek bulunan  $12/3=4$  daire için farklı zamanlılık katsayısı alınarak, istek gücü  $12.6,04/1,33=54,5$  kW bulunur.

Kolon kesitleri aşağıda hesaplanmış ve üç hat kolon şemasında gösterilmiştir.

1 tablo beslendiğine göre kolon kesiti, 6,04 kW için çizelge 5.36 dan,  $4 \text{ mm}^2$

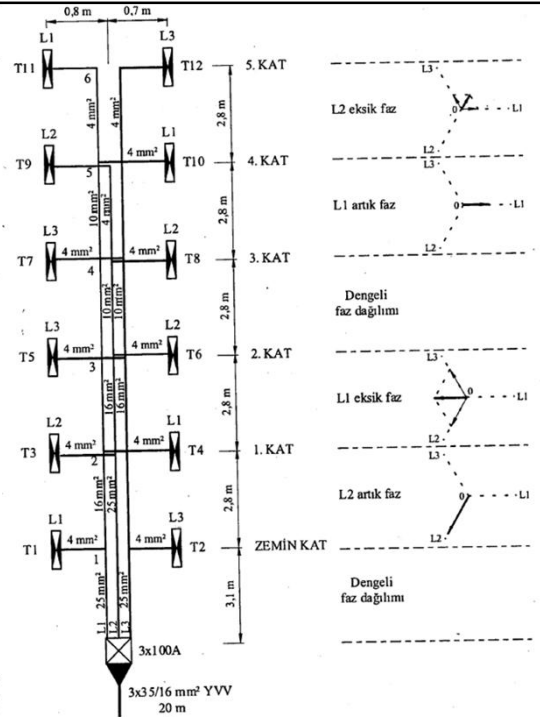
2 tablo beslendiğine göre kolon kesiti, 10,88 kW için çizelge 5.36 dan,  $10 \text{ mm}^2$

3 tablo beslendiğine göre kolon kesiti, 13,62 kW için çizelge 5.36 dan,  $16 \text{ mm}^2$

4 tablo beslendiğine göre kolon kesiti, 18,17 kW için çizelge 5.36 dan,  $25 \text{ mm}^2$

YVV besleme kablosunun kesiti, çizelge 5.35 den,  $3 \times 35/16 \text{ mm}^2$

## DISTRIBUTION NETWORKS



www.altas.org

Electric Power Distributio

## DISTRIBUTION NETWORKS

## VOLTAGE DROP IN BRANCH NETWORKS

Gerilim düşümü hesabı: En son tablo bir fazlı besleniyorsa, bu tablonun kolon hattında  $k_1$ , üç fazlı dağıtımda iki veya daha fazla tablonun beslendiği kolon bölümlerinin dengeli yüklü oldukları varsayılarak  $k_3$  gerilim düşümü katsayısı alınır.

Dengesizliğe neden olan artık ve eksik fazlar nedeniyle nötürden geçecek olan akımlar yukarıdaki şeklin üzerine yazılmıştır.

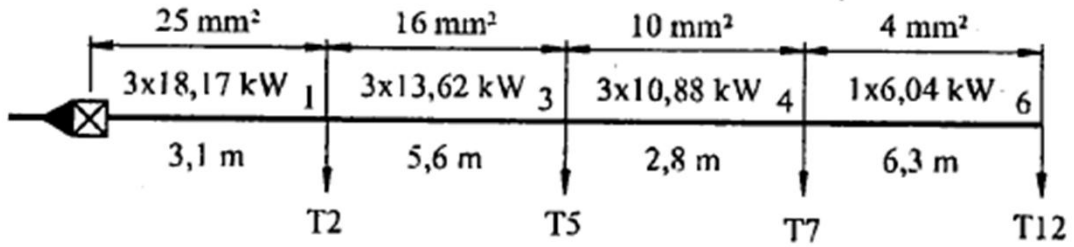
Faz dağılımı şekildeki gibi L1, L2, L3; L3, L2, L1; ... düzeninde yapılırsa, nőtür iletkenindeki gerilim düşümleri, örneğin, 1-2 ile 5-6 ve 2-3 ile 4-5 kolon bölümlerinde birbirini yok edecek yönde olduklarından, az hata ile nőtür iletkeninde gerilim düşümü olmayacağı, dolayısıyla hat bölümlerinin dengeli yüklü oldukları varsayılabilir.

En büyük gerilim düşümünü verecek olan L3 fazı için, çizelge 5.37 ve [5.12] bağıntısından:

www.altas.org

Electric Power Distribution Systems

Chapter 4 - 102



$$u_k = (\%22,79.6,04.6,3 + \%1,516.32,64.2,8 + \%0,953.40,86.5,6 + \%0,602.54,5.3,1)10^{-3}$$

$$= \%0,867 + \%0,139 + \%0,218 + \%0,102 = \%1,326$$

Bu gerilim düşümüne en yüklü ve en uzun sortideki gerilim düşümü eklenir. Toplam gerilim düşümü %1,5 dan küçük olmalıdır. Bak: Sahife 5.30. Gerilim düşümü kurtarmazsa kesit artırılır, örneğin 1-2 arasındaki kesit de 25 mm<sup>2</sup> yapılır ve hesap yinelenir.

Bu problem, en büyük gerilim düşümünü vereceği için, yalnız L1 fazına bağlı olan yükler göz önüne alınarak bir fazlı da çözülebilir. Bu durumda, nötürden akım geçmediği varsayıldığı için, bir fazlı beslemede dönüş iletkeninde gerilim düşümü olmayacağından, yalnız gidiş iletkeninde gerilim düşümü olur. Bu nedenle, iki veya daha fazla tablonun beslendiği kolon bölümlerinde  $k_1$  gerilim düşümü katsayılarının yarısı alınır.

$$u_k = \left[ \%22,79.6,04.6,3 + \frac{1}{2}(\%9,048.10,88.2,8 + \%5,686.13,62.5,6 + \%3,594.18,17.3,1) \right] 10^{-3}$$

$$= \%0,867 + \%0,138 + \%0,217 + \%0,101 = \%1,323$$

bulunur ve daha kısa yoldan yukarıdaki ile aynı sonuç elde edilir.

Bir fazlı dağıtım yapıldığında, yukarıdaki gibi bir fazlı çözüm daha kısa ve kolay anlaşılabilir olduğundan öğrenmelidir.

**Problem 1. EİTY nde:**

“Aydınlatma gücü, aydınlatma hesabı yapılan binalarda bu hesap sonucunda elde edilir. ... Aydınlatma hesabı yapılmayan yerler için aydınlatma gücü, m<sup>2</sup> başına en az 12 W alınarak belirlenir.” (Madde 52.d).

“Salon (20 m<sup>2</sup> den büyük alanlı) ve mutfak için en az 2, odalar ve banyo için en az 1 priz; ayrıca, çamaşır makinası, bulaşık makinası ve elektrikli ocak/fırın için üç ayrı linje (3 priz) tesis edilir.” (Madde 52.c).

“Priz gücü:

- Bir fazlı prizler için en az 300 W (Madde 52.c),
- Otomatik çamaşır makinası için 2,5 kW, bulaşık makinası için 2,5 kW ve elektrikli ocak/fırın için 2 kW, termosifon için 2 kW (Madde 52.d)” alınır denmektedir.

Bu açıklamalara göre:

- a) 1 salon, 3 oda, 1 mutfak ve 1 banyosu bulunan 80 m<sup>2</sup> alanlı dairenin,
- b) Bu dairelerden 8 eş dairenin bulunduğu apartmanın,
- c) Bu tip apartmanlardan oluşan site üç dağıtım transformatöründen beslendiğine göre, her bir dağıtım transformatörüne bağlı, sırasıyla 12, 16 ve 13 apartmanın (T1, T2 ve T3 transformatörlerinin),
- d) Sitenin istek gücünü bulunuz.

Çözüm: a) Dairenin istek gücü:

Aydınlatma gücü:  $80.0,012=0,96$  kW

Priz gücü:  $8.0,300+2,5+2,5+2=9,4$  kW

Dairenin kurulu gücü:  $P_k=0,96+9,4=10,36$  kW

Dairenin istek gücü:  $P=8.0,60+2,36.0,40=5,744$  kW

İstek katsayıları çizelge 5.2 den alınmıştır.

b) Apartmanın istek gücü, [5.2] den:

$$P_a = \frac{\sum P_d}{k_i} = \frac{8.5.744}{1,39} = 33,059 \text{ kW} \quad (\text{Bak: Çizelge 5.8, daire sayısı: 8})$$

c) Transformatörlerin istek güçleri, çizelge 5.9 ve [5.2] den:

$$P_{T1} = \frac{\sum P_a}{k_i} = \frac{12.33,059}{2} = 198,4 \text{ kW}$$

$$P_{T2} = \frac{16.33,059}{2} = 264,5 \text{ kW}$$

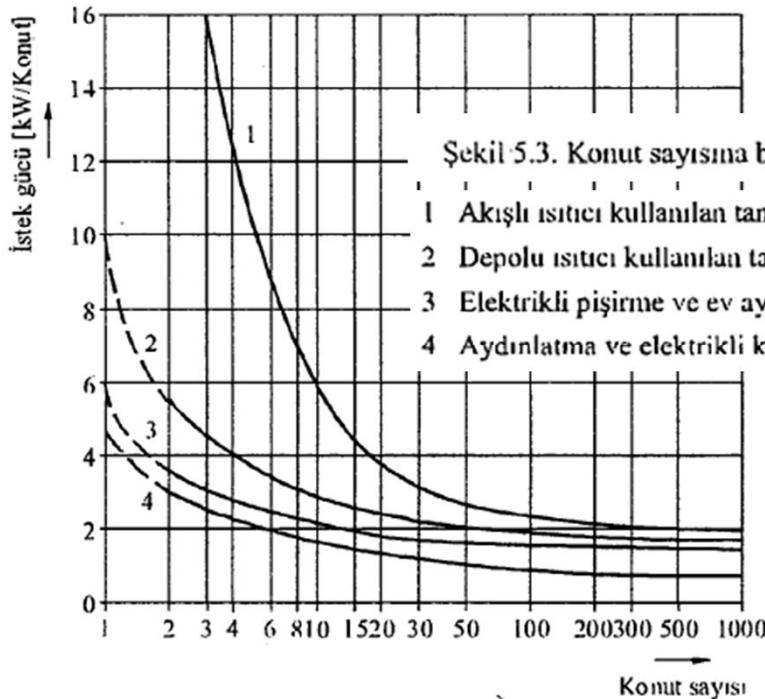
$$P_{T3} = \frac{13.33,059}{2} = 214,9 \text{ kW}$$

d) Sitenin istek gücü, çizelge 5.9 ve [5.2] den:

$$P = \frac{\sum P_T}{k_i} = \frac{198,4 + 264,5 + 214,9}{1,3} = 521,4 \text{ kW}$$

$$\text{Daire başına istek gücü} = \frac{521,4}{328} = 1,6 \text{ kW}$$

tır. (Şekil 5.3 ile karşılaştır.)



Şekil 5.3. Konut sayısına bağlı olarak konut başına istek gücü<sup>[6]</sup>.

- 1 Akışlı ısıtıcı kullanılan tam elektrik donanımlı konutlar
- 2 Depolu ısıtıcı kullanılan tam elektrik donanımlı konutlar
- 3 Elektrikli pişirme ve ev aygıtlarıyla donanımlı konutlar
- 4 Aydınlatma ve elektrikli küçük ev aygıtlarıyla donanımlı konutlar

**Problem 2.** Çizelge 5.11 de 0,6/1 kV YVV(NYY) kablolar için gerilim düşümü katsayıları verilmiştir. Çizelgede bulunmayan  $4 \times 1 \text{ mm}^2$  YVV(NYY) kablo için  $k_3'$  ve  $k_3''$  gerilim düşümü katsayılarını bulunuz.  $GK=1$ .

**Çözüm:** Gerilim düşümü katsayıları çok yaklaşık olarak iletkenin kesiti ile ters orantılı (İletkenin direnci ile doğru orantılı) değiştiğinden, çizelge 5.11 deki  $4 \times 1,5 \text{ mm}^2$  YVV kablo ile kesitlerin oranı alınarak karşılaştırıldığında,  $4 \times 1 \text{ mm}^2$  YVV kablo için:

$$k_3' = 38,16 \cdot \frac{1,5}{1} = 57,24$$

$$k_3'' = \%10,04 \cdot \frac{1,5}{1} = \%15,06$$

bulunur.

**Problem 3.** YVV kablolar için çizelge 5.11 de  $U=380 \text{ V}$  için verilen  $k_3''$  gerilim düşümü katsayılarını,  $U=500 \text{ V}$  için yeniden düzenleyiniz.

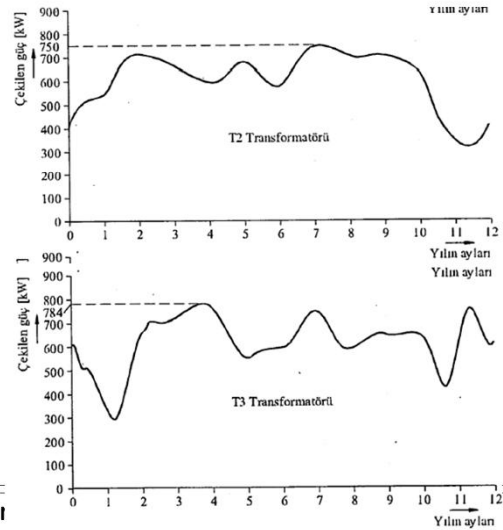
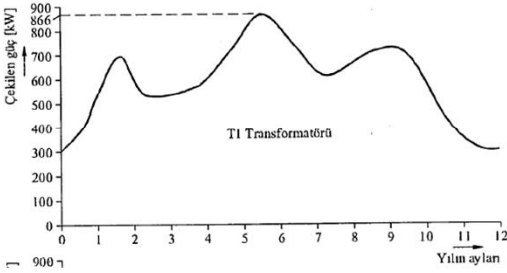
**Çözüm:** [5.10.2] de  $k_3''$  gerilim düşümü katsayısını hesaplamak için bağıntı  $U^2=380^2$  ile bölünmüştür. Bu kez bağıntı  $380^2$  ile çarpılır ve  $500^2$  ile bölünürse, yani  $(380/500)^2 = 0,5776$  ile düzeltme yapılırsa,  $k_3''$  gerilim düşümü katsayısı  $U=500 \text{ V}$  için hesaplanmış olur.

$4 \times 10 \text{ mm}^2$  YVV kablo için, çizelge 5.11 den:

GK	1	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60
$U=380 \text{ V}$	1,517	1,538	1,548	1,566	1,584	1,604
$U=500 \text{ V}$	<b>0,876</b>	<b>0,888</b>	<b>0,894</b>	<b>0,905</b>	<b>0,915</b>	<b>0,926</b>

**Problem 4.** Bir fabrikanın, kurulu gücü 1440 kW, 1150 kW ve 1425 kW olan üç bölümü üç transformatörden beslenmektedir. Transformatörlerin yük eğrileri şekil 5.15 de verilmiştir.

Her bir transformatörün istek katsayısını ve transformatörler arasındaki farklı zamanlılık katsayısını bulunuz.



Şekil 5.15. Problem 4.

## DISTRIBUTION NETWORKS

## VOLTAGE DROP IN BRANCH NETWORKS

**Çözüm:** Şekil 5.15 deki yük eğrilerinde, T1, T2 ve T3 transformatörlerinin istek güçleri sırasıyla 866 kW, 750 kW ve 784 kW olduğundan, istek katsayıları, [5.1] den:

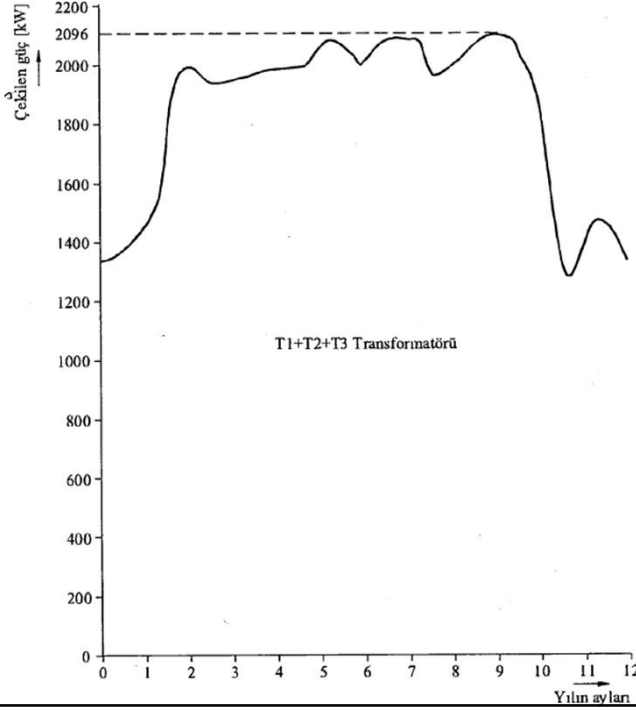
$$k_{i,T1} = \frac{P}{P_k} = \frac{866}{1440} = 0,60$$

$$k_{i,T2} = \frac{750}{1150} = 0,65$$

$$k_{i,T3} = \frac{784}{1425} = 0,55$$

Transformatörlerin yük eğrilerinin toplamından, ortak istek gücü 2096 kW tır.





Farklı zamanlılık katsayısı, [5.2] den:

$$k_f = \frac{\sum P_i}{P} = \frac{866 + 750 + 784}{2096} = 1,15$$

**Problem 5.** Gücü 200 kW, gerilimi 440 V, verimi 0,92 olan DA motoru 100 m uzunluğunda 2x240 mm<sup>2</sup> kesitinde YVV kablo ile beslenmektedir. Yükleme akımına göre seçilen bu kesit gerilim düşümüne göre kurtarır mı?

WORKS

**Çözüm:** Kablonun 20 °C deki DA direnci çizelge 3.56 dan  $R' = 0,0470 \Omega/\text{km}$  ve 70 °C sıcaklık için düzeltme katsayısı çizelge 3.55 den 1,1965 olduğundan, 70 °C deki direnç:

$$R'_{70} = 0,0470 \cdot 1,1965 = 0,0562 \Omega/\text{km}$$

dir. Gerilim düşümü katsayısı,  $X' = 0$  ve  $GK = 1$  için, [5.8.2] den:

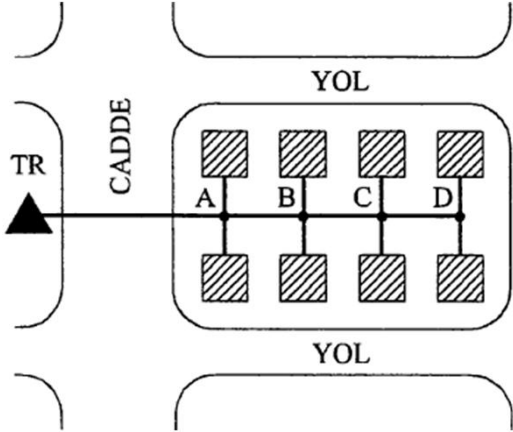
$$k_1'' = \frac{2R' \cdot 10^3}{U^2} \cdot \%100 = \frac{2 \cdot 0,0562 \cdot 10^3}{440^2} \cdot \%100 = \%0,058$$

Gerilim düşümü, [5.12] den:

$$u = k_1'' P l = \%0,058 \cdot \frac{440}{0,92} \cdot \%100 = \%2,77 < \%3$$

olduğundan, **kurtarır.**

**Problem 6.** Şekil 5.16 daki dal şebekede A, B, C ve D noktalarından ikişer eş konut beslenmektedir. Her bir konutun, iç döşem projesinden alınan kurulu gücü 14,4 kW tır.  $\overline{TR-A}$ ,  $\overline{AB}$ ,  $\overline{BC}$  ve  $\overline{CD}$  hat bölümlerindeki istek güçlerini bulunuz.



Şekil 5.16. Problem 6.

Çözüm: Her bir konutun istek gücü, çizelge 5.2 den:

$$P_i = 8,0,60 + 6,4,0,40 = 7,36 \text{ kW}$$

Hat bölümlerindeki istek güçleri, çizelge 5.9 ve [5.2] den:

$$P_{CD} = \frac{\sum P_i}{k_f} = \frac{2,7,36}{1,45} = 10,2 \text{ kW}$$

$$P_{BC} = \frac{4,7,36}{1,45} = 20,3 \text{ kW}$$

$$P_{AB} = \frac{6,7,36}{1,45} = 30,5 \text{ kW}$$

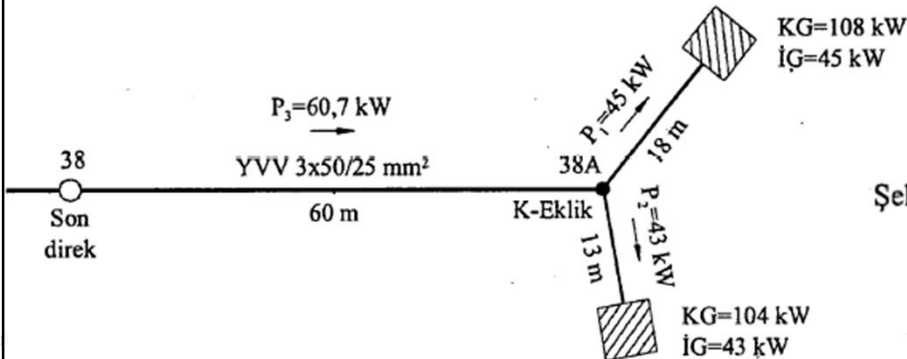
$$P_{TR-A} = \frac{8,7,36}{1,45} = 40,6 \text{ kW}$$

**Problem 7.** Şehir şebekesinin bir dalının 38 No lu son direğinden iki apartman beslenecektir. Bunun için TEDAŞ, 38A noktasına kadar şebeke dalını  $3 \times 50/25 \text{ mm}^2$  kesitinde YVV kablo ile 60 m uzatmıştır. 38A noktasından her bir apartmanı beslemek için yüklenme akımına göre  $3 \times 25/16 \text{ mm}^2$  YVV kablo seçilmiştir. Şekil 5.17.

H NETWORKS

TEDAŞ, iki apartmanın çekeceği 79,3 kW gücü de hesaba katarak GK=1 için 38 No lu direğe kadar gerilim düşümünü %3,8 vermiştir.

Kablo kesitleri gerilim düşümüne göre kurtarır mı?



Şekil 5.17. Problem 7.

Çözüm: 38-38A hattından iki apartmanın ortak istek gücü çekilir. Ortak istek gücü, çizelge 5.8 ve [5.2] den:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^2 P_i}{k_f} = \frac{45 + 43}{1,45} = 60,7 \text{ kW}$$

38-38A arasındaki gerilim düşümü  $u = \%5 - \%3,8 = \%1,2$  olduğundan, çizelge 5.11 ve [5.12] den:

$$k_3'' = \frac{u}{Pl} = \frac{\%1,2}{60,7 \cdot 0,060} = \%0,329 > \%0,321$$

oldüğundan, kurtarır.

Apartmanları besleyen kablolardaki gerilim düşümü, ayıt 5.4 e göre %0,5 olması gerektiğinden, çizelge 5.11 ve [5.12] den:

$$k_{3,1}'' = \frac{u}{Pl} = \frac{\%0,5}{45 \cdot 0,018} = \%0,617 > \%0,602$$

$$k_{3,2}'' = \frac{u}{Pl} = \frac{\%0,5}{43 \cdot 0,013} = \%0,894 > \%0,602$$

oldüğundan, kurtarır. Bak: Çizelge 5.35.

Uyarı: 38-38A arasındaki hat uzantısı şebekenin dalına katıldığından, izin verilen %0,5 gerilim düşümüne bu hat uzantısı sokulmaz.

Not: Eğer, şebeke dalının uzantısından sonra, apartmanları besleyen kollarda %0,5 gerilim düşümü kurtarmıyorsa, bunun çözümünü TEDAŞ bulur. Ya, bu dalın kesiti artırılır veya bu daldan başka bir dala güç aktarılır yahut yeni bir transformatör merkezi kurularak şebekenin bu bölgesinde yeni güç dağıtımı yapılır.

**Problem 8.** Şekil 5.18 deki YVV kablo şebekesi ile 100 kVA gücündeki direk transformatöründen 10 ar dairesel üç apartman beslenmektedir. Apartmanların kurulu güçleri ve istek güçleri şeklin üzerine yazılmıştır.

Bu kablo şebekesinde hat kesitlerini gerilim düşümüne göre saptayınız.

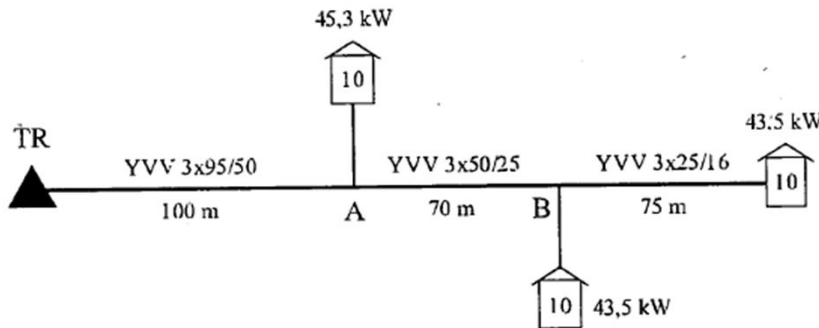
**Çözüm:**  $\overline{AB}$  hat bölümünden iki apartmanın ortak istek gücü çekilir. Ortak istek gücü, çizelge 5.9 ve [5.2] den:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^2 P_i}{k_f} = \frac{2.43,5}{1,45} = 60 \text{ kW}$$

$\overline{TR - A}$  hat bölümünden çekilen güç:

$$P = \frac{2.43,5 + 45,3}{1,45} = 91,2 \text{ kW}$$

Gerilim düşümü aşağıda hesaplanmıştır.



ROP IN BRANCH NETWORKS

Hattan çekilen güçler	91,2 kW	60 kW	43,5 kW
$k_3''$ (Çizelge 5.11)	%0,161	%0,321	%0,602
$u=k_3''Pl$	%1,468	%1,348	%1,964
$\Sigma u$		%4,78 < %5	

Şekil 5.18. Problem 8.

**Problem 9.** Direk transformatöründen 160 m uzaklıktaki bir apartman üç fazlı olarak  $16 \text{ mm}^2$  kesitinde bakır hava hattı ile bağımsız beslenmektedir. Apartmanın istek gücü 36 kW, GK=1 olduğuna göre, hattın kesiti yeterli midir?

Çözüm: Gerilim düşümü, çizelge 5.16 ve [5.12] den:

$$u = k_3'' Pl = \%0,850.36.0,160 = \%4,896 < \%5$$

olduğundan, kesit yeterlidir.

**Problem 10.** 80 m uzunluğundaki YVV yeraltı kablosuyla gerilimi 380 V, gücü 11 kW, GK=0,85 ve verimi 0,87 olan 3 fazlı motor beslenmektedir. İzin verilen gerilim düşümü %3 tür. Kablonun kesitini gerilim düşümüne göre saptayınız.

Çözüm: Motorun şebekeden çektiği güç:

$$P = \frac{N}{\eta} = \frac{11}{0,87} = 12,6 \text{ kW}$$

Gerilim düşümü katsayısı, [5.12] den:

$$k_3'' = \frac{u}{Pl} = \frac{\%3}{12,6.0,080} = \%2,976$$

Çizelge 5.11 den, GK=0,85 için 0,80-0,90 arasındaki değer bulunarak,  $k_3'' = \%2,599$  a karşılık olan  $4 \times 6 \text{ mm}^2$  YVV kablo seçilir.

Seçilen bu kablodaki yüzde gerilim düşümü, [5.12] den:

$$u = k_3 Pl = \%2,599.12,6.0,080 = \%2,620$$

Mutlak gerilim düşümü:

$$\Delta U = \frac{Uu}{\%100} = \frac{380.\%2,620}{\%100} = 10 \text{ V}$$

Tam yükte hat sonu gerilimi:

$$U=380-10=370 \text{ V}$$

Çizelge 5.34 ile karşılaştır.

**Problem 11.** Bir fazlı hava hattında gidiş iletkeni  $10 \text{ mm}^2$  bakır, dönüş iletkeni rose alüminyumdur. Hattın gerilimi  $220 \text{ V}$ , hat sonuna bağlı güç  $4,1 \text{ kW}$ ,  $GK=1$ , hattın uzunluğu  $46 \text{ m}$  olduğuna göre, hattaki mutlak gerilim düşümünü bulunuz.

Çözüm: Bir fazlı hatlarda gidiş-dönüş iletkenlerindeki gerilim düşümü için konan 2 çarpanı, yalnız gidiş veya yalnız dönüş iletkeni için kaldırılır.

Çizelge 5.15, 5.17 ve [5.12] den:

$$\Delta u = k_1 Nl = \frac{18,49}{2} .4,1.0,046 + \frac{13,31}{2} .4,1.0,046 = 3 \text{ V}$$

Not: Gidiş ve dönüş iletkenleri için alınan gerilim düşümü katsayılarının ortalaması ile de çözüm yapılabilir.

**Problem 12<sup>[6]</sup>.** Üç fazlı dizgeden beslenen 60 kW güç 150 m uzaklığa iletilecektir.  $U=380$  V,  $GK=0,90$  ve  $u=\%2$  dir. YVV kablunun kesitini saptayınız.

Çözüm: [5.12] den:

$$k_3'' = \frac{u}{Pl} = \frac{\%2}{60.0,150} = \%0,222$$

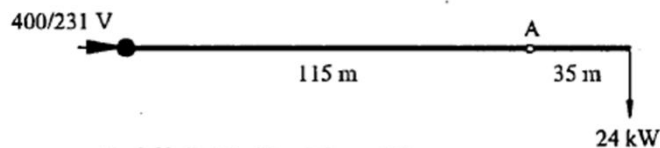
Çizelge 5.11 den,  $k_3'' = \%0,188$  e karşılık olan  $3 \times 95/50$  mm<sup>2</sup> YVV kablo seçilir. Bu kesit için, gerilim düşümü:

$$u = \%0,188.60.0,150 = \%1,70$$

bulunur.

**Problem 13.** Şekil 5.19 daki bakır AG hava hattının sonuna bağlı bulunan ve gerilimi 220 V olan bir fazlı alıcıların toplam gücü 24 kW,  $GK=1$  dir. Alıcılar:

- Bir fazlı hattın,
- Her faza dengeli olarak bağlanarak üç fazlı hattın beslendiklerine göre hattın kesitini hesaplayınız.
- A noktasında hattın kesitini düşürüp, a ve b için hat kesitlerini yeniden hesaplayınız.
- a ve b de hesaplanan kesite göre, hattaki mutlak gerilim düşümünü ve hat başı gerilimi 400/231 V olduğuna göre hat sonu gerilimini hesaplayınız.



Şekil 5.19. Problem 13.

Çözüm: a) Kesit  $120 \text{ mm}^2$  seçilirse, GK=1 için çizelge 5.10 dan  $k_1''=0,760$  olduğundan; gerilim düşümü, [5.12] den:

$$u = k_1'' Pl = \%0,760.24.0,150 = \%2,736 < \%3$$

$\%3$  gerilim düşümü için, tersten gidilerek  $k_3'' = \frac{\%3}{24.0,150} = \%0,833$  e karşılık olan

kesit de belirlenebilir.

b) Kesit  $25 \text{ mm}^2$  seçilirse, GK=1 için çizelge 5.11 den  $k_3''=0,602$  olduğundan, gerilim düşümü, [5.12] den:

$$u = k_3'' Pl = \%0,602.24.0,150 = \%2,167 < \%3$$

Uyarı: Bakır kesiti, bir fazlı beslemede  $2.120=240 \text{ mm}^2$  olmasına karşın, üç fazlı beslemede  $3.25+16=91 \text{ mm}^2$  dir.

c) Bir fazlı beslemede hattın kesiti A noktasına kadar  $150 \text{ mm}^2$ , A noktasından sonra  $70 \text{ mm}^2$  alınmıştır. Buna göre, a daki yoldan:

$$u = \%0,620.24.0,115 + \%1,326.24.0,035 = \%2,825 < \%3$$

## DISTRIBUTION NETWORKS

## VOLTAGE DROP IN BRANCH NETWORKS

Üç fazlı beslemede hattın kesiti A noktasına kadar  $35 \text{ mm}^2$ , A noktasından sonra  $10 \text{ mm}^2$  alınmıştır. Buna göre, b deki yoldan:

$$u = \%0,434.24.0,115 + \%1,517.24.0,035 = \%2,472 < \%3$$

d) Mutlak gerilim düşümü, a için:

$$\Delta U = \frac{Uu}{\%100} = \frac{220.\%2,736}{\%100} = 6,0 \text{ V}$$

b için:

$$\Delta U = \frac{380.\%2,167}{\%100} = 8,2 \text{ V}$$

Tam yükte hat sonu gerilimi, a için:

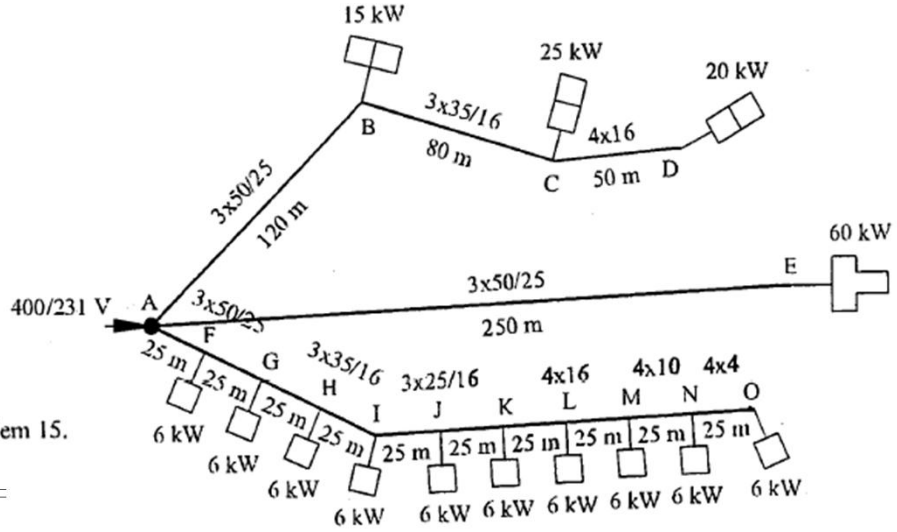
$$U = 220 - 6 = 214 \text{ V}$$

b için:

$$U = 380 - 8,2 = 371,8 \text{ V}$$



**Problem 15.** Şekil 5.21 deki yeraltı kablo şebekesinde, GK=1 için kablo kesitlerini gerilim düşümüne göre saptayınız. İzin verilen gerilim düşümü %5 dir.



Şekil 5.21. Problem 15.

www.altas.org

## DISTRIBUTION NETWORKS

## VOLTAGE DROP IN BRANCH NETWORKS

Çözüm: Seçilen kesitler şeklin üzerine yazılmıştır.

Üstteki kolda gerilim düşümü, çizelge 5.11 ve [5.12] den:

$$u_{AB} = k_{3,AB}'' P_{AB} l_{AB} = \%0,321.60.0,120 = \%2,311$$

$$u_{BC} = \%0,434.45.0,080 = \%1,562$$

$$u_{CD} = \%0,956.20.0,050 = \%0,956$$

$$u_1 = u_{AB} + u_{BC} + u_{CD} = \%2,311 + \%1,562 + \%0,956 = \%4,829 < \%5$$

Ortadaki kolda gerilim düşümü:

$$u_2 = u_{AE} = \%0,321.60.0,250 = \%4,815 < \%5, \text{ uygundur.}$$

Altındaki kolda gerilim düşümü:

$$u_{AF} = \%0,321.10.6.0,025 = \%0,482$$

$$u_{FG} = \%0,321.9.6.0,025 = \%0,433$$

$$u_{GH} = \%0,434.8.6.0,025 = \%0,521$$

$$u_{HI} = \%0,434.7.6.0,025 = \%0,456$$

$$u_{IJ} = \%0,602.6.6.0,025 = \%0,542$$

$$u_{JK} = \%0,602.5.6.0,025 = \%0,452$$

$$u_{KL} = \%0,956.4.6.0,025 = \%0,574$$

$$u_{LM} = \%0,956.3.6.0,025 = \%0,430$$

$$u_{MN} = \%1,517.2.6.0,025 = \%0,455$$

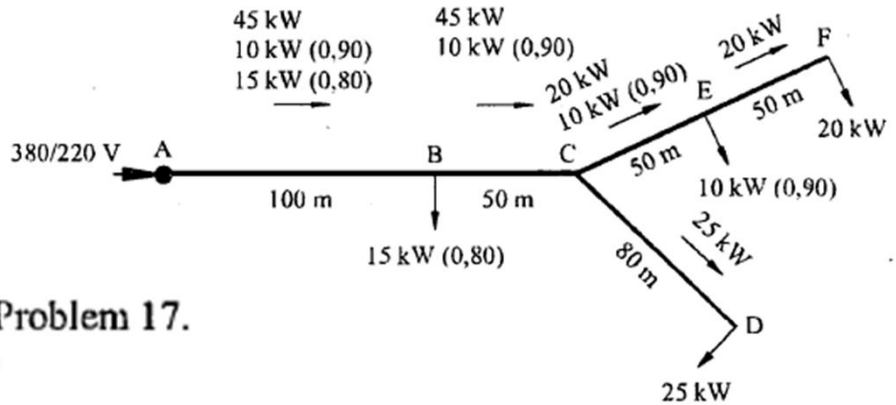
$$u_{NO} = \%3,823.6.0,025 = \%0,573$$

$$u_3 = \%4,918 < \%5, \text{ uygundur.}$$

**Problem 17.** Şekil 5.23 deki kablo şebekesinde en az iletken ağırlığını veren kablo kesitlerini saptayınız. GK ları gücün yanında parantez içinde gösterilmiştir. Gerilim düşümünün izin verilen sınırı %5 dir.

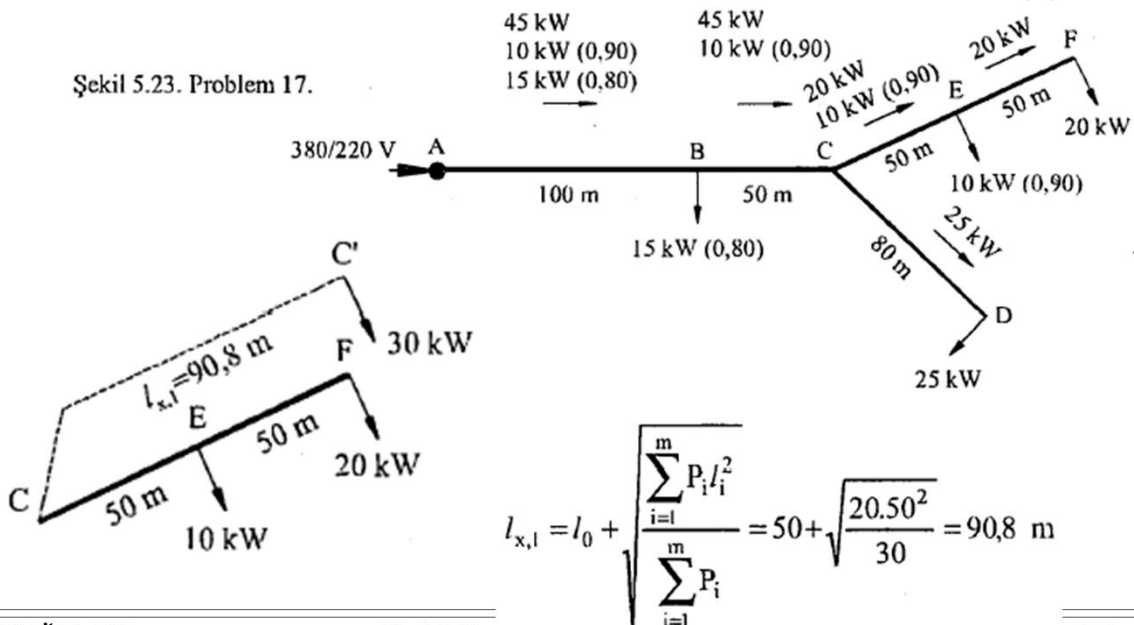
**Çözüm:** Sondan başa doğru her dal için en az iletken ağırlığını veren hesap ayrı ayrı yapılır. Önce, GK=1 alınır.

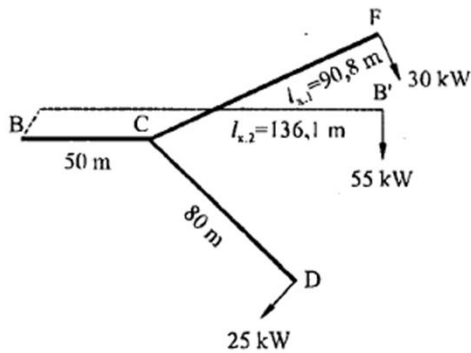
[5.25.1] den:



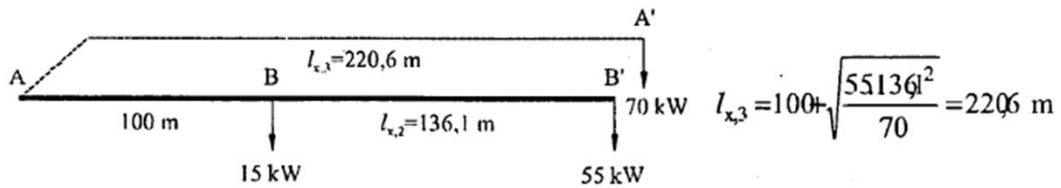
Şekil 5.23. Problem 17.

Şekil 5.23. Problem 17.





$$l_{x,2} = 50 + \sqrt{\frac{30 \cdot 90,8^2 + 25 \cdot 80^2}{55}} = 136,1 \text{ m}$$



$$l_{x,3} = 100 + \sqrt{\frac{55 \cdot 136,1^2}{70}} = 220,6 \text{ m}$$

Altaki şekilden yukarı doğru, gerilim düşümleri, [5.25.2] den:

$$u_{AB} = \frac{l_0}{l_x} \cdot u = \frac{100}{220,6} \cdot \%3 = \%1,360$$

$$u_{BB'} = \%3 - \%1,360 = \%1,640$$

$$u_{BC} = \frac{50}{136,1} \cdot \%1,640 = \%0,602$$

$$u_{CD} = u_{CF} = \%1,640 - \%0,602 = \%1,038$$

$$u_{CE} = \frac{50}{90,8} \cdot \%1,038 = \%0,572$$

$$u_{EF} = \%1,038 - \%0,572 = \%0,466$$

Gerilim düşümü katsayıları, [5.12] den:

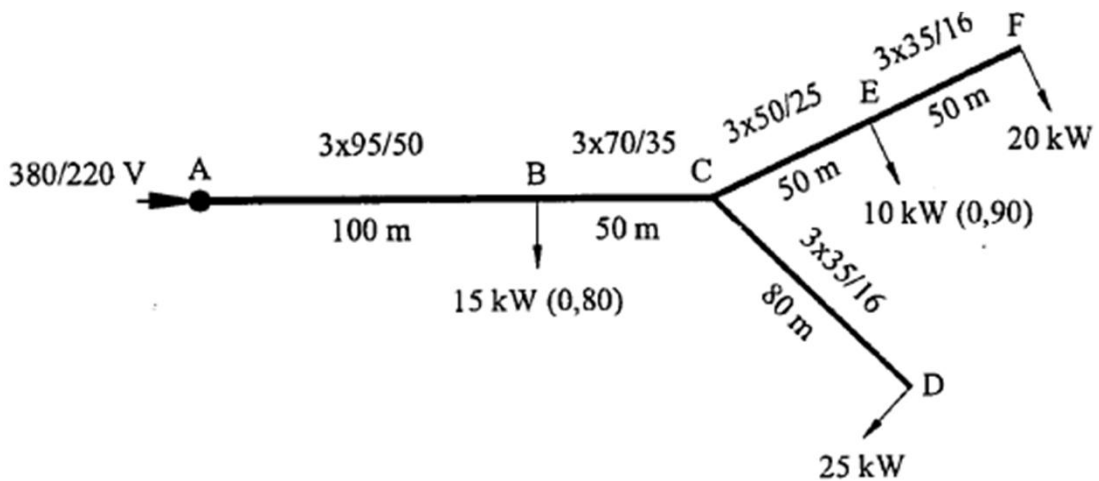
$$k_{3,AB}'' = \frac{u}{Pl} = \frac{\%1,360}{70.0,100} = \%0,194 \rightarrow \text{Çizelge 5.11 den, } 3 \times 95/50 \text{ mm}^2$$

$$k_{3,BC}'' = \frac{\%0,602}{55.0,050} = \%0,219 \rightarrow 3 \times 70/35 \text{ mm}^2$$

Gerilim düşümü katsayısının biraz daha büyük değeri için kesit seçildiğinden, gerilim düşümü biraz daha büyük olacaktır. Ancak, bu fark hattın devam eden bölümlerinde kapatılacaktır.

$$k_{3,CE}'' = \frac{\%0,572}{30.0,050} = \%0,381 \rightarrow 3 \times 50/25 \text{ mm}^2$$

$$k_{3,EF}'' = \frac{\%0,466}{20.0,050} = \%0,466 \rightarrow 3 \times 35/16 \text{ mm}^2$$



Güç katsayıları göz önüne alınarak GK=1, 0,90 ve 0,80 için  $\overline{AD}$  ve  $\overline{AF}$  kollarındaki toplam gerilim düşümü aşağıda hesaplanmıştır.

$$u_{AD(1)} = \%0,161.45.0,100 + \%0,222.45.0,050 + \%0,434.25.0,080 = \%2,092$$

$$u_{AD(0,90)} = \%0,188.10.0,100 + \%0,250.10.0,050 = \%0,313$$

$$u_{AD(0,80)} = \%0,203.15.0,100 = \%0,305$$

$$u_{AD} = \%2,092 + \%0,313 + \%0,305 = \%2,710 < \%3, \text{ uygundur.}$$

$$u_{AF(1)} = \%0,161.45.0,100 + \%0,222.45.0,050 + \%0,321.20.0,050 + \%0,434.20.0,050 \\ = \%1,979$$

$$u_{AF(0,90)} = \%0,188.10.0,100 + \%0,250.10.0,050 + \%0,349.10.0,050 = \%0,488$$

$$u_{AF(0,80)} = \%0,203.15.0,100 = \%0,305$$

$$u_{AF} = \%1,979 + \%0,488 + \%0,305 = \%2,772 < \%3, \text{ uygundur.}$$

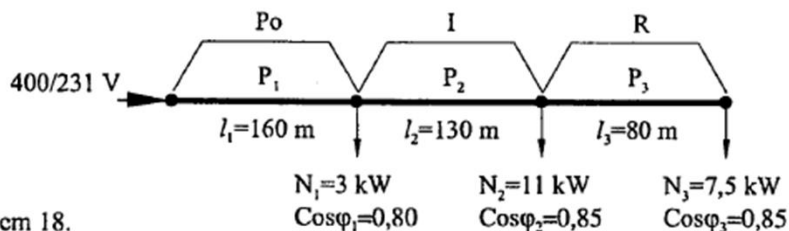
www.altas.org

Seçilen kesitler yukarıdaki şeklin üzerine yazılmıştır.

**Problem 18.** Alüminyum iletkenli hava hattı şebekesinin bir kolundan üç fazlı yükler beslenmektedir. Şekil 5.24. Yükler ve ayırım noktaları arasındaki uzunluklar şeklin üzerine yazılmıştır.

a) Hat kesitlerini gerilim düşümüne göre saptayınız.

b)  $N_2=11$  kW yük yerine 7,5 kW yük bağlanırsa toplam gerilim düşümü ne olur?



Şekil 5.24. Problem 18.

Çözüm: a) Hat kesitleri tahmin edilerek şeklin üzerine yazılmıştır.

Hat yükleri:

$$P_1 = N_1 + N_2 + N_3 = 3 \text{ kW (0,80)} + 18,5 \text{ kW (0,85)}$$

$$P_2 = N_2 + N_3 = 18,5 \text{ kW (0,85)}$$

$$P_3 = N_3 = 7,5 \text{ kW (0,85)}$$

. GK ları parantez içinde yazılmıştır.

Tahmin edilen kesitler için gerilim düşümleri, çizelge 5.18 ve [5.12] den:

$$u_1 = k_{3,1}'' P_1 l_1 = (\%0,627.3 + \%0,598.18,5)0,160 = \%2,071$$

$$u_2 = (\%0,877.18,5)0,130 = \%2,109$$

$$u_3 = (\%1,315.7,5)0,080 = \%0,789$$

Toplam gerilim düşümü:

$$u = u_1 + u_2 + u_3 = \%4,969 < \%5$$

olduğundan, seçilen kesitler **uygundur**.

b)  $u_1$  ve  $u_2$  gerilim düşümlerini yeniden hesaplamaya gerek yoktur. Azalan 11-7,5 = 3,5 kW (0,85) yükün neden olduğu gerilim düşümü hesaplanır. [5.12] den:

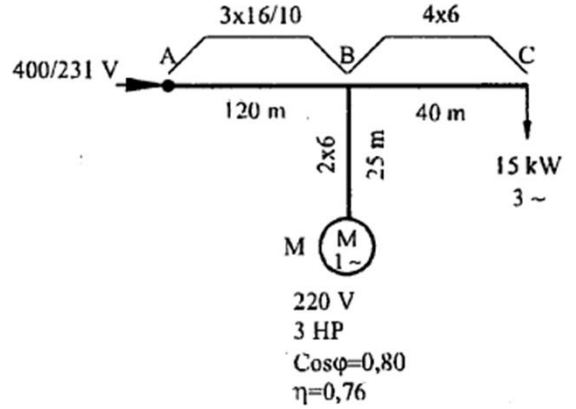
$$\Delta u = \sum k_k'' P l = (\%0,580.0,160 + \%0,877.0,130)3,5 = \%0,724$$

$$u = \%4,916 - \%0,724 = \%4,192$$

**Problem 19.** Şekil 5.25 deki üç fazlı şebekede besleme hattının kesiti  $16 \text{ mm}^2$  dir. B noktasına bağlı olan bir fazlı motor 30 m uzunluğunda ve  $6 \text{ mm}^2$  kesitinde kablo ile beslenmektedir.

Motorun uçlarındaki gerilimi bulunuz.

Hattın endüktif direnci savsaklanacaktır.



Şekil 5.25. Problem 19.

Çözüm: Motorun gücü:

$$3.0,736=2,2 \text{ kW}$$

Motorun şebekeden çektiği güç:

$$P = \frac{2,2}{0,76} = 2,895 \text{ kW}$$

Hattın öz iletkenliğinin  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklıktaki değeri, çizelge 3.55 de indirgeme katsayısı 1,1965 olduğundan,  $\kappa_{70}=56/1,1965=46,8 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$  alınır.

Hattın  $\overline{AB}$  bölümünde üç fazlı yükün neden olduğu gerilim düşümü, [5.6.4] den:

$$u_{AB} = \frac{Pl}{\kappa AU^2} \cdot \%100 = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 120}{46,8 \cdot 16 \cdot 380^2} \cdot \%100 = \%1,665$$

Hattın  $\overline{AM}$  bölümünde bir fazlı motorun neden olduğu gerilim düşümü, [5.5.4] den:

$$u_{AM} = \frac{2Pl}{\kappa AU^2} \cdot \%100 = \frac{2 \cdot 2,895 \cdot 10^3}{56 \cdot 220^2} \left( \frac{120}{16} + \frac{25}{6} \right) \%100 = \%2,982$$

$$u = u_{AB} + u_{AM} = \%1,665 + \%2,982 = \%4,647 < \%5$$

Motorun uçlarında mutlak gerilim düşümü:

$$\Delta u = \frac{220 \cdot \%4,647}{\%100} = 10,223 \text{ V}$$

Motorun uçlarındaki gerilim:

$$U = 231 - 10,223 = 220,8 \text{ V}$$

Bu problem bir kez de gerilim düşümü katsayılarıyla çözülecektir.

Hattın  $\overline{AB}$  bölümünde üç fazlı yükün neden olduğu gerilim düşümü, çizelge 5.10, 5.11 ve [5.12] den:

$$u_{AB} = k_3 \cdot Pl = \%0,956 \cdot 15 \cdot 0,120 = \%1,721$$

$$u_{AM} = \%5,702 \cdot 2,895 \cdot 0,120 + \%15,25 \cdot 2,895 \cdot 0,025 = \%3,085$$

$$u = \%1,721 + \%3,085 = \%4,806 < \%5$$

Not: Gerilim düşümü katsayılarıyla çözümde hattın endüktif direnci göz önüne alınmıştır.

Çözüm: Motorun gücü:

$$3,0,736 = 2,2 \text{ kW}$$

Motorun şebekeden çektiği güç:

$$P = \frac{2,2}{0,76} = 2,895 \text{ kW}$$

Hattın öz iletkenliğinin 70 °C sıcaklıktaki değeri, çizelge 3.55 de indirgeme katsayısı 1,1965 olduğundan,  $\kappa_{70} = 56/1,1965 = 46,8 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$  alınır.

Hattın  $\overline{AB}$  bölümünde üç fazlı yükün neden olduğu gerilim düşümü, [5.6.4] den:

$$u_{AB} = \frac{Pl}{\kappa AU^2} \cdot \%100 = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 120}{46,8 \cdot 16 \cdot 380^2} \cdot \%100 = \%1,665$$

Hattın  $\overline{AM}$  bölümünde bir fazlı motorun neden olduğu gerilim düşümü, [5.5.4] den:

$$u_{AM} = \frac{2Pl}{\kappa AU^2} \cdot \%100 = \frac{2 \cdot 2,895 \cdot 10^3}{56 \cdot 220^2} \left( \frac{120}{16} + \frac{25}{6} \right) \%100 = \%2,982$$

$$u = u_{AB} + u_{AM} = \%1,665 + \%2,982 = \%4,647 < \%5$$



Motorun uçlarında mutlak gerilim düşümü:

$$\Delta u = \frac{220.\%4,647}{\%100} = 10,223 \text{ V}$$

Motorun uçlarındaki gerilim:

$$U = 231 - 10,223 = 220,8 \text{ V}$$

Bu problem bir kez de gerilim düşümü katsayılarıyla çözülecektir.

Hattın AB bölümünde üç fazlı yükün neden olduğu gerilim düşümü, çizelge 5.10, 5.11 ve [5.12] den:

$$u_{AB} = k_3 P_l = \%0,956.15.0,120 = \%1,721$$

$$u_{AM} = \%5,702.2,895.0,120 + \%15,25.2,895.0,025 = \%3,085$$

$$u = \%1,721 + \%3,085 = \%4,806 < \%5$$

Not: Gerilim düşümü katsayılarıyla çözümde hattın endüktif direnci göz önüne alınmıştır.

**Problem 20.** Ayıt 3.40, problem 5, şekil 3.486 da bir işliğin kuvvet döşemi gösterilmiştir. Güç tablosu, kablo uzunlukları da eklenerek aşağıda verilmiştir. Kablo kesitlerini gerilim düşümüne göre denetleyiniz.

Güç tablosu:

Kolon No	Bağlı olduğu iş makinası	Simge	Güç [kW]	Gerilim	Akım [A]	Devir sayısı [d/d]	GK	Verim [%]	Uzunluk [m]
1	Pres	M1M	11	3~380 V	22,5	1460	0,83	89	28
2	Şahmerdan	M2M	15	3~380 V	30,1	1460	0,83	90,4	22,5
3	Torna	M3M	15	3~380 V	30,1	725	0,83	90	21
4	Freze	M4M	7,5	3~380 V	14,5	2890	0,83	88	19,5
5	Matkap	M5M	5,5	3~380 V	10,5	2880	0,83	87	18
6	Çekme makinası	M6M	4	3~380 V	8,2	2860	0,83	85	17,5
7	Giyotin	M7M	11	3~380 V	23,5	965	0,83	88	23
8	Hidrolik pres	M8M	22	3~380 V	44	975	0,83	90	26
9	Taşlama	M9M	18,5	3~380 V	37,5	2860	0,83	89,5	27,5
10	Isıtıcı	R1M	4	1~380 V	10,5	-	1	-	31,5
11		Güç prizi	5	3N~380 V	9,5	-	0,80	-	
12		Aydınlatma	7,2	3N~380 V	10,9	-	1	-	

**Çözüm:** Yükleme akımına göre seçilmiş olan şekil 3.486 daki kesitler için gerilim düşümleri, çizelge 5.11 ve [5.12] den:

$$u_1 = k_{3,1} P_l = \%6,192 \cdot \frac{11}{0,89} \cdot 0,028 = \%2,143 < \%3, \text{ 4x2,5 mm}^2 \text{ uygundur.}$$

$$u_2 = \%3,872 \cdot \frac{15}{0,904} \cdot 0,0225 = \%1,446 < \%3, \text{ 4x4 mm}^2 \text{ uygundur.}$$

$$u_3 = \%3,872 \cdot \frac{15}{0,90} \cdot 0,021 = \%1,355 < \%3, \text{ 4x4 mm}^2 \text{ uygundur.}$$

$$u_4 = \%10,094 \cdot \frac{7,5}{0,88} \cdot 0,0195 = \%1,678 < \%3, \text{ 4x1,5 mm}^2 \text{ uygundur.}$$

$$u_5 = \%10,094 \cdot \frac{5,5}{0,87} \cdot 0,018 = \%1,149 < \%3, \text{ 4x1,5 mm}^2 \text{ uygundur.}$$

$$u_6 = \%10,094 \cdot \frac{4}{0,85} \cdot 0,0175 = \%0,831 < \%3, \text{ 4x1,5 mm}^2 \text{ uygundur.}$$

$$u_7 = \%3,872 \cdot \frac{11}{0,88} \cdot 0,023 = \%1,113 < \%3, \text{ 4x4 mm}^2 \text{ uygundur.}$$

$$u_8 = \%1,5606 \cdot \frac{22}{0,90} \cdot 0,026 = \%0,992 < \%3, \text{ 4x10 mm}^2 \text{ uygundur.}$$

$$u_9 = \%2,6023 \cdot \frac{18,5}{0,895} \cdot 0,0275 = \%1,479 < \%3, \text{ 4x6 mm}^2 \text{ uygundur.}$$

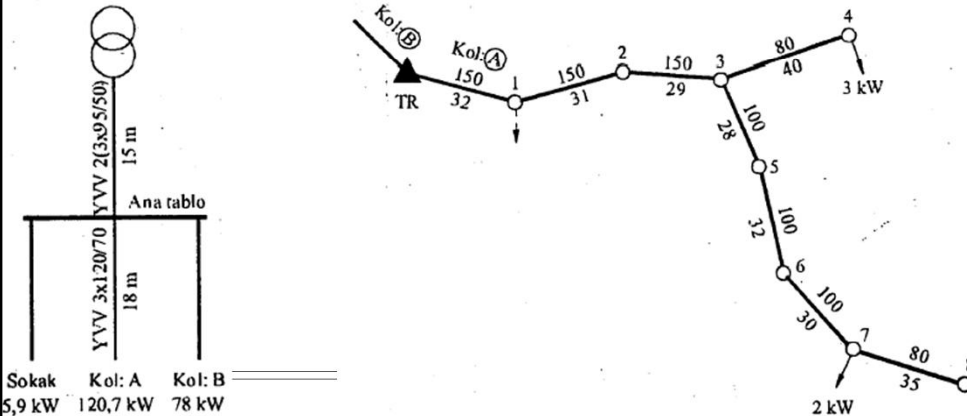
$$u_{10} = \%59,92 \left( \frac{220}{380} \right)^2 \cdot 4 \cdot 0,0315 = \%2,531 < \%3, \text{ 4x1,5 mm}^2 \text{ uygundur.}$$

Chapter 4 - 147

**Problem 26.** Şekil 5.31a daki iki kollu AG şebekesi direkt transformatöründen beslenmektedir. Transformatörden iniş ve direğe çıkış kabloları şekil 5.31b de gösterilmiştir. AG şebekesi alüminyum iletkenlidir. Direkler arasında hattın altına direk açıklıkları, üstüne yük yoğunlukları yazılmıştır. GK=1 dir.

a) Gerilim düşümüne göre hat kesitlerini saptayınız.

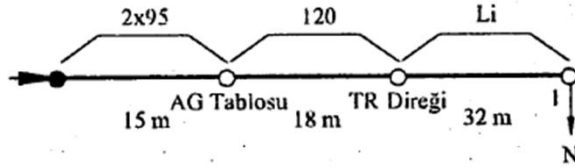
b) Gerilim düşümünün %5 sınırına dayanması için, 1 direğine bağlanabilecek yükü bulunuz.



Chapter 4 - 148

Çözüm: a) Gerilim düşümü hesabı için aşağıdaki föy düzenlenmiştir. Gerilim düşümü katsayıları çizelge 5.11 ve 5.18 den alınmıştır.

b) Gerilim düşümü %4,115 hesaplanmıştır. Fark olan gerilim düşümü  $\Delta u = \%5 - \%4,120 = \%0,880$  dir. Bu gerilim düşümünü N yükünün yaratması için, [5.12] den:



$$u = \%0,880 = \left( \frac{\%0,161}{2} \cdot 0,015 + \%0,127 \cdot 0,018 + \%0,925 \cdot 0,032 \right) N$$

$$N = \frac{\%0,880}{\%0,029} = 30,3 \text{ kW}$$

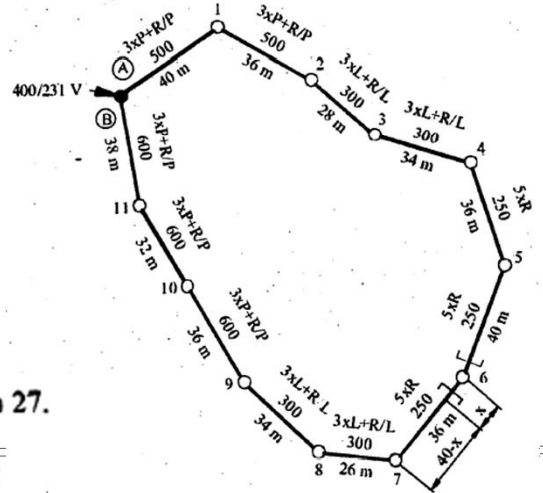
www.altas.c yük bağlanabilir.

Chapter 4 - 149

Şebeke: Armutçuk AG Şebekesi		GERİLİM DÜŞÜMÜ FÖYÜ						Tarih: 20.08.2000
Kol: A								Sahife: 1/1
Hat kesitleri [mm <sup>2</sup> ]	400/231 V	2x95	120	Li	Li	R	R	
Yük yoğunluğu [kW/km]		0	0	150	150	100	80	
Ayırım noktaları/Direk No		TR	Ana Tablo	TR	1	3	7	8
Ara uzunluklar [km]		15	18	32	60	90	35	
Ara yayılı yükler [kW]		0	0	4,8	9	9	2,8	
Ara yayılı yüklerin bileşenleri [kW]				2,4	4,5	4,5	1,4	
Ayırım yükleri [kW]	GK=1,00							
	GK=							
	GK=							
Hattan çekilen güçler [kW]	GK=1,00	120,7	36,8	34,4	27,5	12,3	1,4	
	GK=							
	GK=							
Gerilim düşümü katsayıları [%/kWkm]	GK=1,00	0,161/2	0,127	0,925	0,925	1,164	1,164	
	GK=							
	GK=							
Ara gerilim düşümleri [%]		0,146	0,084	1,018	1,526	1,289	0,057	
Toplam gerilim düşümü [%]				4,120 < 5				
Verileri alan:	A. Bigitan	Hesabı yapan: Y. Sener						ter 4 - 150

**Problem 27.** Bir şebekenin A ve B kolları birbirine bağlanarak göz oluşturulmuştur. Bu göz, her iki koldaki gerilim düşümlerinin yaklaşık eşit olduğu bir direkte bölünerek düz şebekeye dönüştürülecektir. Şekil 5.32.

Gözün hangi direkte bölüneceğini ve bölünmeden sonra kollarındaki gerilim düşümlerini saptayınız.



Şekil 5.32. Problem 27.

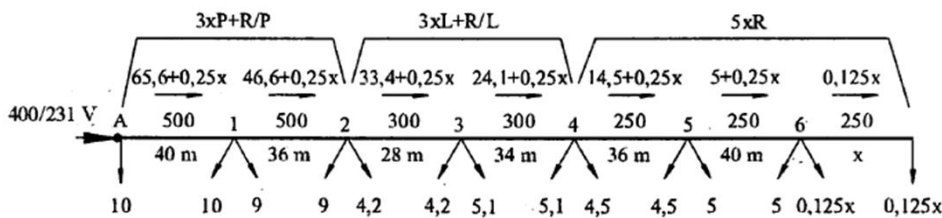
## DISTRIBUTION NETWORKS

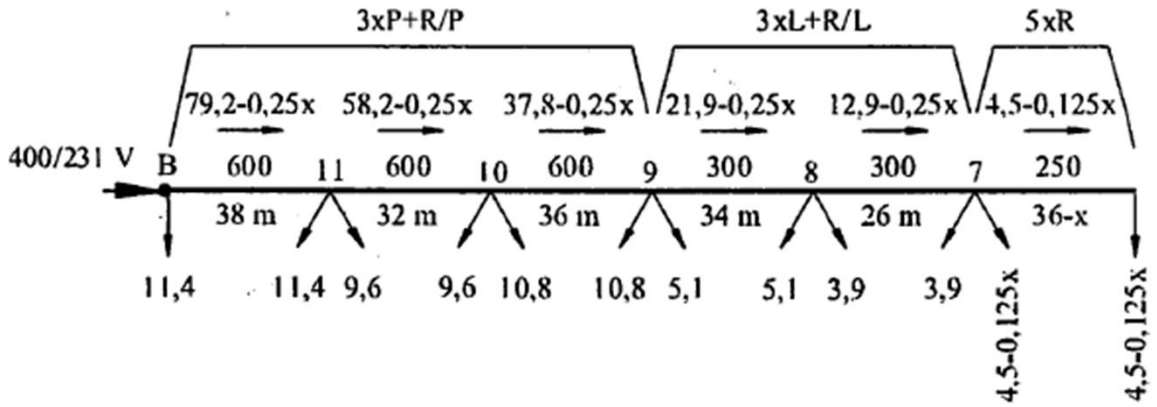
## VOLTAGE DROP IN BRANCH NETWORKS

**Çözüm:** Gözün, 6-7 No lu direkler arasında ve 6 No lu direkten x uzaklığındaki noktadan kesildiği varsayılırsa, kollarındaki gerilim düşümleri, çizelge 5.18 ve [5.12] den:

$$u_A = \%1,164 \left[ 0,125x \cdot x \cdot 10^{-3} + (5 + 0,25x)0,040 + (14,5 + 0,25x)0,036 \right] \\ + \%0,925 \left[ (24,1 + 0,25x)0,034 + (33,4 + 0,25x)0,028 \right] \\ + \%0,579 \left[ (46,6 + 0,25x)0,036 + (65,6 + 0,25x)0,040 \right]$$

$$(1) u_A = \%0,0001455x^2 + \%0,0474545x + \%4,9540394$$





$$u_B = \%1,164 \left[ (4,5 - 0,125x)(36 - x) \cdot 10^{-3} \right] \\ + \%0,925 \left[ (12,9 - 0,25x)0,026 + (21,9 - 0,25x)0,034 \right] \\ + \%0,579 \left[ (37,8 - 0,25x)0,036 + (58,2 - 0,25x)0,032 + (79,2 - 0,25x)0,038 \right]$$

$$(2) u_B = \%0,0001455x^2 - \%0,0396945x + \%4,7963592$$

Gerilim düşümlerinin eşit olduğu yazılırsa:

$$x = -1,809 \text{ m}$$

bulunur.  $x$  in - işareti, gözün 5-6 No lu direkleri arasında ve 6 No lu direkten 1,809 m uzaklığındaki noktadan kesilmesi gerektiğini gösterir. Buna göre, kesim noktasına en yakın olan 6 No lu direkte göz bölünür.

Göz bölündükten sonra, kollarındaki gerilim düşümlerini bulmak için (1) ve (2) de  $x=0$  konur:

$$u_A = \%4,869$$

$$u_B = \%4,869$$

bulunur.

## End of the Chapter

# Distribution Networks

### DISTRIBUTION NETWORKS

