

ELEKTRİK TESİSLERİNDE KORUMA

- 1.) GİRİŞ (Güvenlik ve Koruma Kavramları – Korumadan Beklenen Özellikler)
- 2.) ELEKTRİK ENERJİ SİSTEMLERİ- ÜRETİM-İLETİM-DAĞITIM-YÜK DİZGELERİ
- 3.) DAĞITIM ŞEBEKELERİ (TT, TN, IT)
- 4.) TANIMLAR (AG, ...GÖVDE,... U_N , I_N ,...)
- 5.) HATA AKIMI DEVRESİ (HATA AKIMI, HATA GERİLİMİ, ...)
- 6.) HATA AKIMININ ETKİLERİ
- 7.) KORUMA YÖNTEMLERİ
 - DİREKT TEMASA KARŞI
 - ENDİREKT TEMASA KARŞI
 - TEHLİKELİ DURUM ÖNLENİR
- 8.) KORUMA KÜÇÜK GERİLİMİ KULLANMAK (SELV, PELV, FELV)
- 9.) KORUMA YALITIMI (İZALASYONU)
 - TEHLİKELİ DURUM AZALTILIR,
- 10.) KORUMA AYIRMASI
- 11.) IT ŞEBEKE KULLANMAK (Potansiyel dengelenmesi ve yalıtım kontrollü)
 - HATALI KISIM DEVREDEN ÇIKARTILIR
- 12.) HATA AKIMI ARTTIRILARAK
 - TOPRAKLAMA
 - KORUMA İLETKENİ
- 13.) HATA AKIMI İLE KORUMAK
- 14.) HATA GERİLİMİ İLE KORUMAK
- 15.) **AŞIRI AKIM / KISA DEVRELERE KARŞI KORUMA**
- 16.) SİGORTALAR
 - ERİYEN TELLİ (BUŞONLU BİÇAKLI)
 - TERMİK AÇICI / RÖLE
 - MANYETİK AÇICI / RÖLE
 - KONTAKTÖR
 - OTOMATİK SİGORTA (GÜÇ ANAHTARI)
- 17.) SEKONDER KORUMA
- 18.) RÖLELER
- 19.) AŞIRI AKIM RÖLESİ
- 20.) DİFERANSİYEL RÖLE
- 21.) MESAFE RÖLESİ
- 22.) SCADA
- 23.) FREKANS RÖLESİ
- 24.) AŞIRI GERİLİME KARŞI KORUMA
- 25.) PARAFUDURLAR
- 26.) AŞIRI GERİLİM RÖLELERİ

1. GİRİŞ (Güvenlik – Koruma)

Güvenlik (Safety); Koruma (Protection)

Güvenlik; Dolaylı-Dolaysız İnsan Hayatı koruma, Yangına Karşı Koruma, Cihaz koruma esaslarını bir hata devresi sistematığı içinde inceler, önlemlerini söyler.

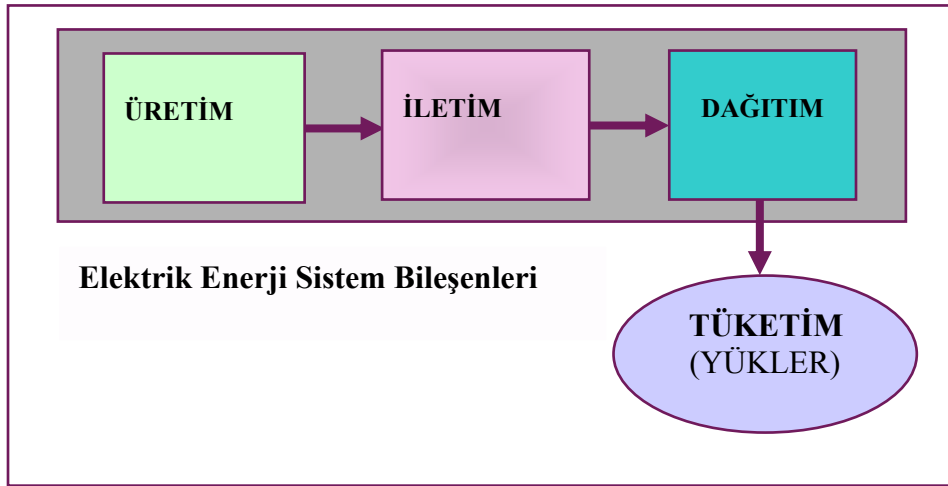
Koruma; daha çok elektrik cihazlarının (generatör, trafo, iletim hattı, çeşitli yükler vb.) özellikle aşırı akım ve aşırı gerilimlerden korunmasını inceler ve koruma cihazlarını tanıtır.

Korumadan Beklenen Özellikler

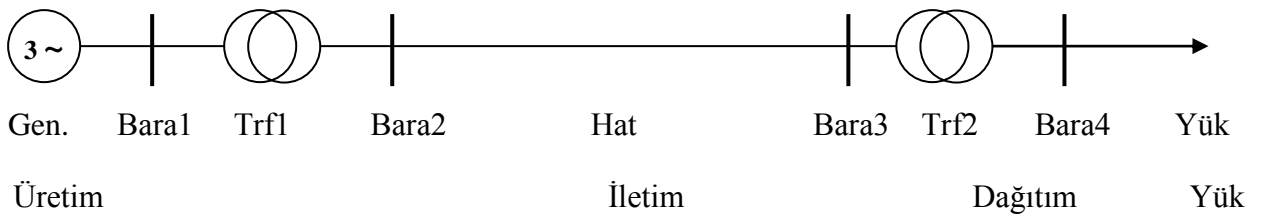
- a.) Güvenilirlik (reliability) : Bütün arıza türlerinde koşulsuz çalışma sağlanmalıdır.
- b.) Seçicilik (selectivity) : Arızanın büyüklüğü ve yerine göre, sistemin tümü değil yalnızca arızalı kısım devre dışı kalmalıdır.
- c.) Hız : Koruma cihazı/sistemi yeterince hızlı olmalıdır
- d.) Basitlik ve sadelik : Bu cihazlar, kullanım yerlerine göre ilgili/yetkililerin anlayabileceği basitlikte olmalıdır.
- e.) Ekonomi : Cihaz/sistem amaca uygun ekonomiklikte olmalıdır.

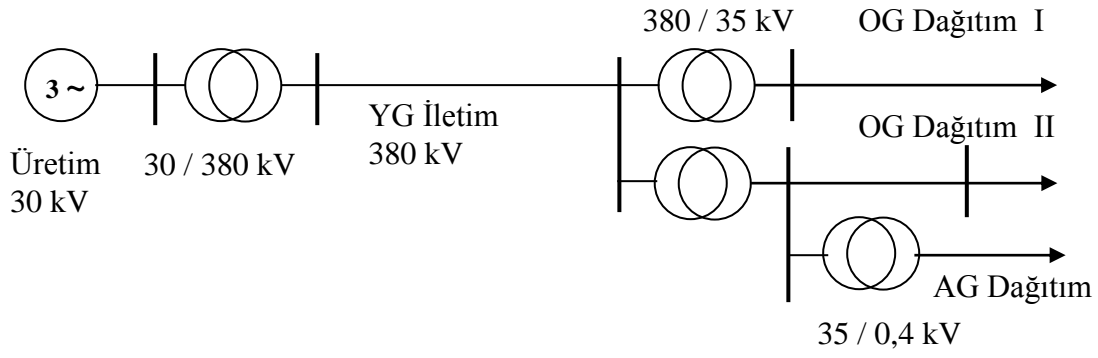
2. ELEKTRİK ENERJİ SİSTEM DİZGELERİ (ŞEBEKELERİ)

Klasik anlamda elektrik enerjisi iletim sistemini, Üretim-İletim-Dağıtım diye nitelemek çok sık karşılaşılan bir sınıflamadır.



Tipik Tek Hat şeması



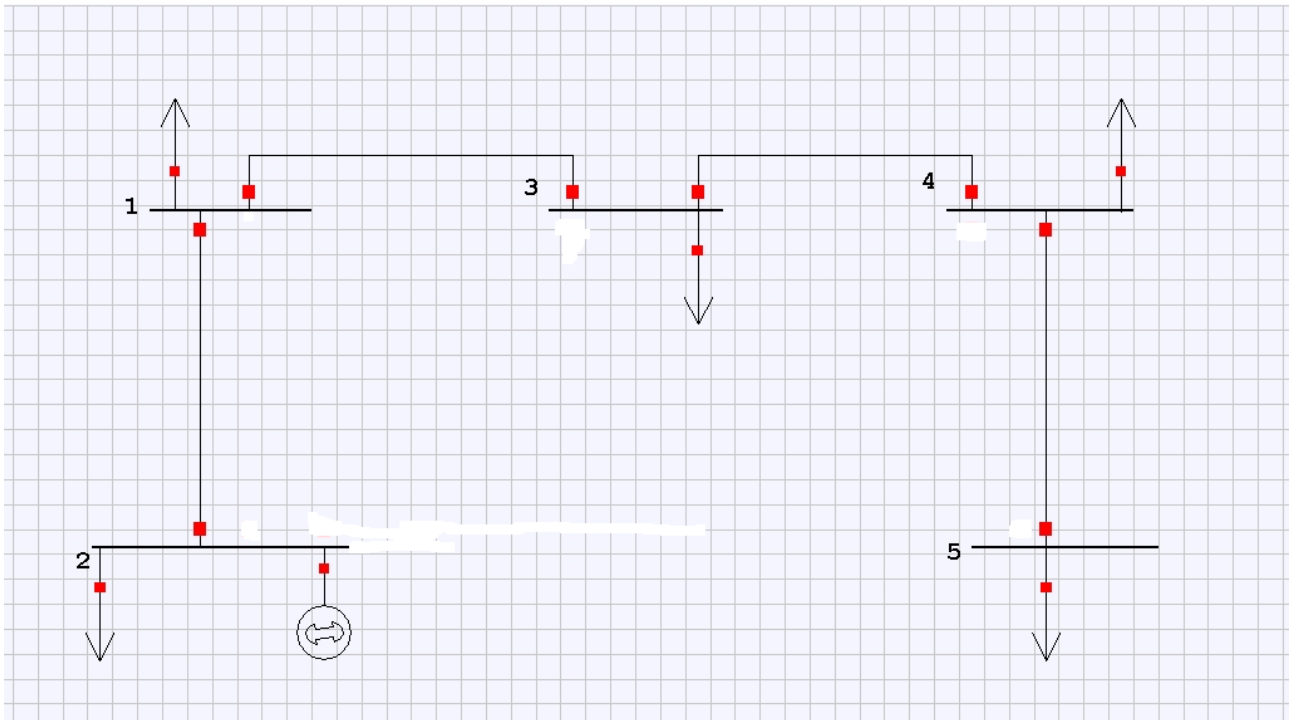


Diğer taraftan incelenen durum veya bölgeye göre sistemi daha ayrıntılı sınıflamak da mümkündür. Dağıtımın peşinden yüklerin gelmesi tabiidir. Öbür taraftan eğer sadece üretimle ilgilenilir ise, iletim ve dağıtım sistemleri bile yük olarak göz önüne alınabilirler.

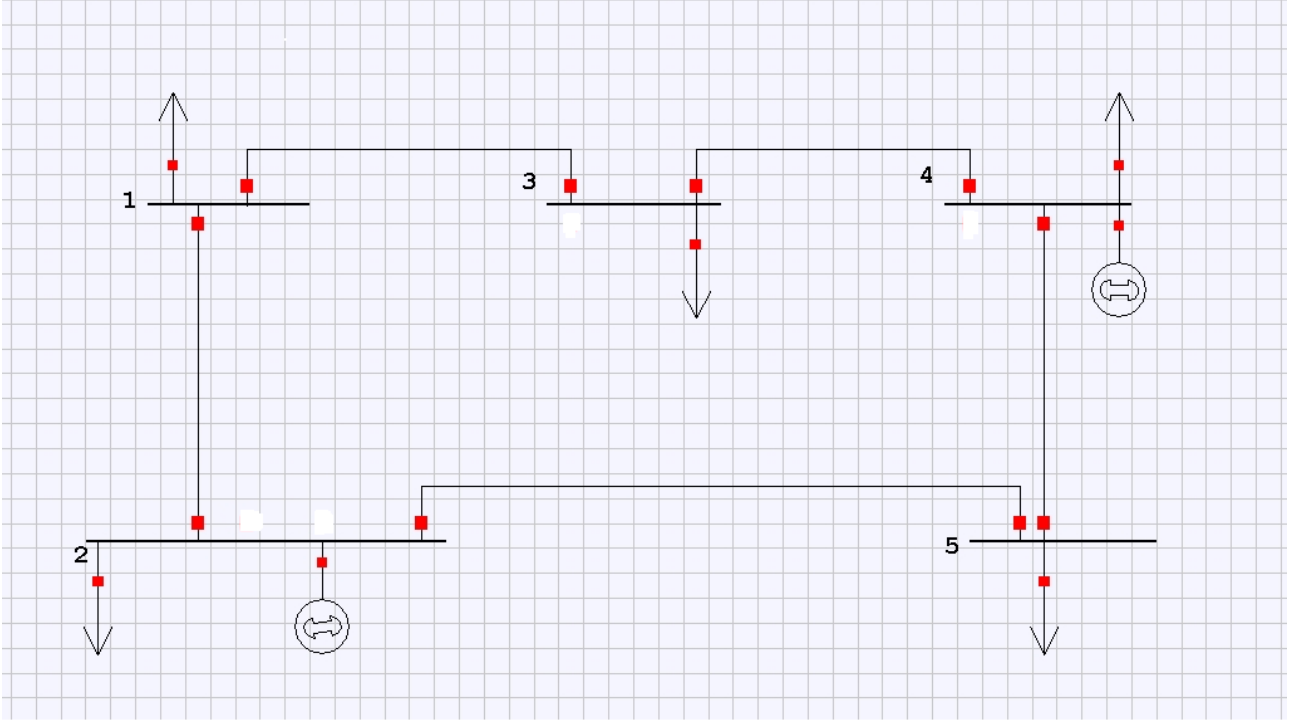
Gerilim Seviyeleri :

Alçak Gerilim (Low Voltage)	Orta Gerilim (Medium Voltage)	Yüksek Gerilim (High Voltage)	Çok YG (Extra HV)	Çok Çok YG (Ultra HV)
$Un < 1 \text{ kV}$	$1 - 100 \text{ kV}$	$100 - 220 \text{ kV}$	$220 - 800 \text{ kV}$	$800 \text{ kV} < Un$
190 / 110 V	6 – 36 kV	66 kV	345 kV	1000 kV
380 / 220 V		138 kV	400 kV	1500 kV
440 V		154 kV	500 kV	
660 V		220 kV	765 kV	

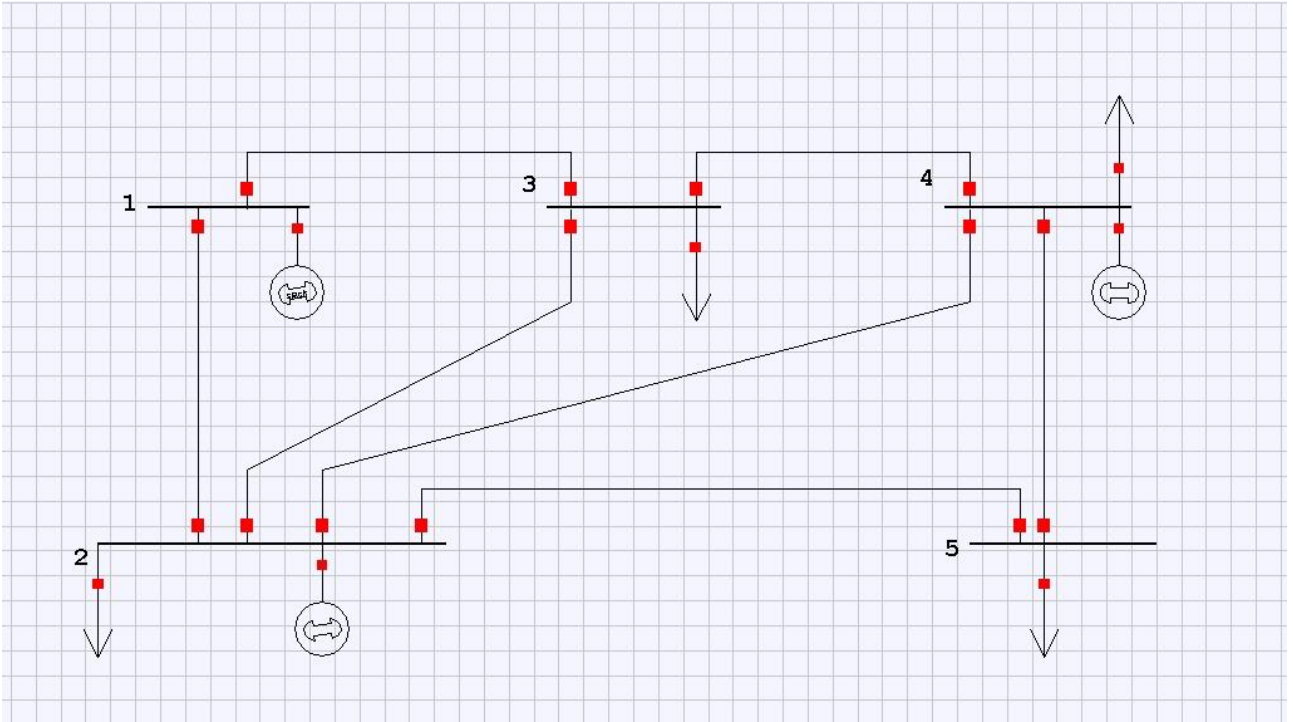
Dal Şebeke (Tek taraflı besleme)



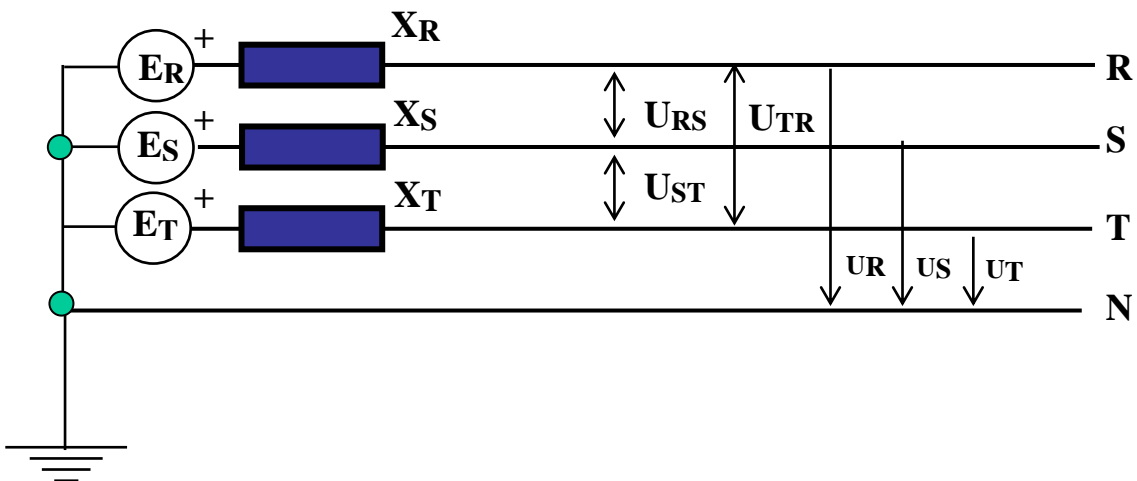
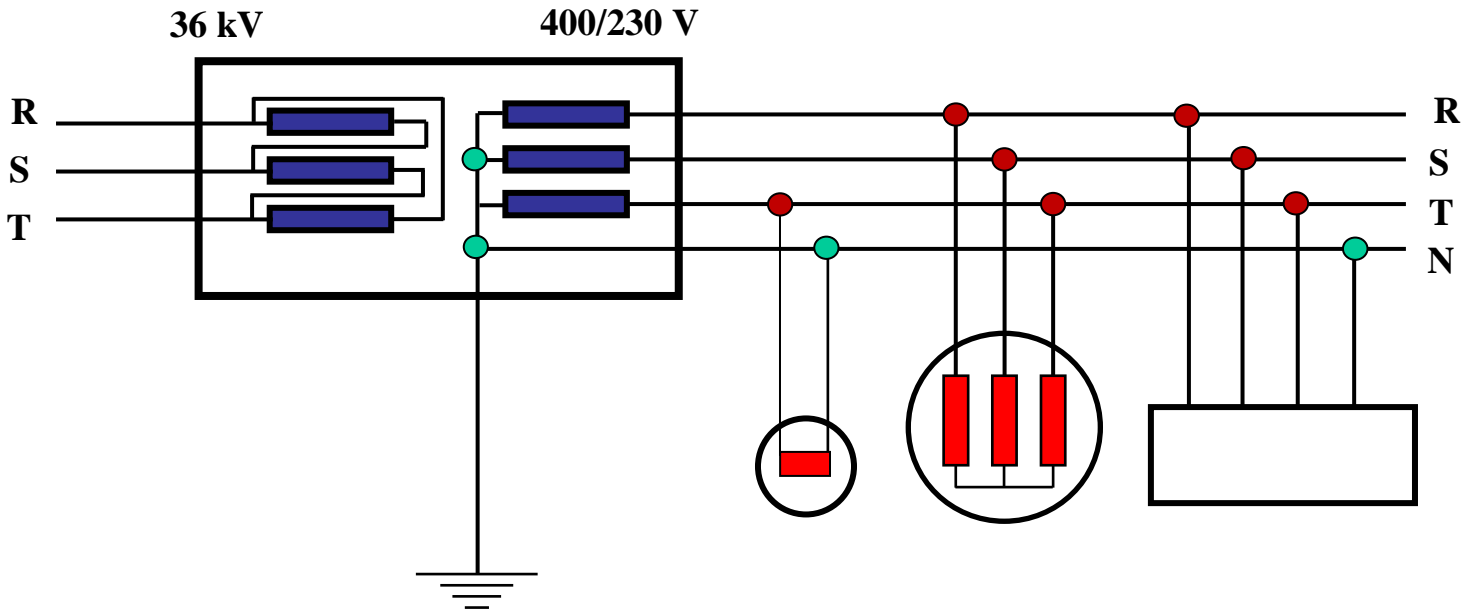
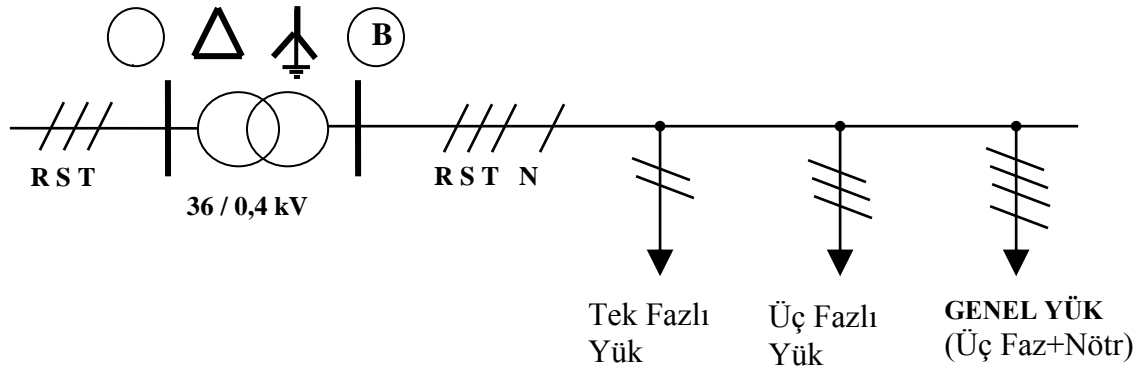
Halka Şebeke (Çift taraflı besleme)

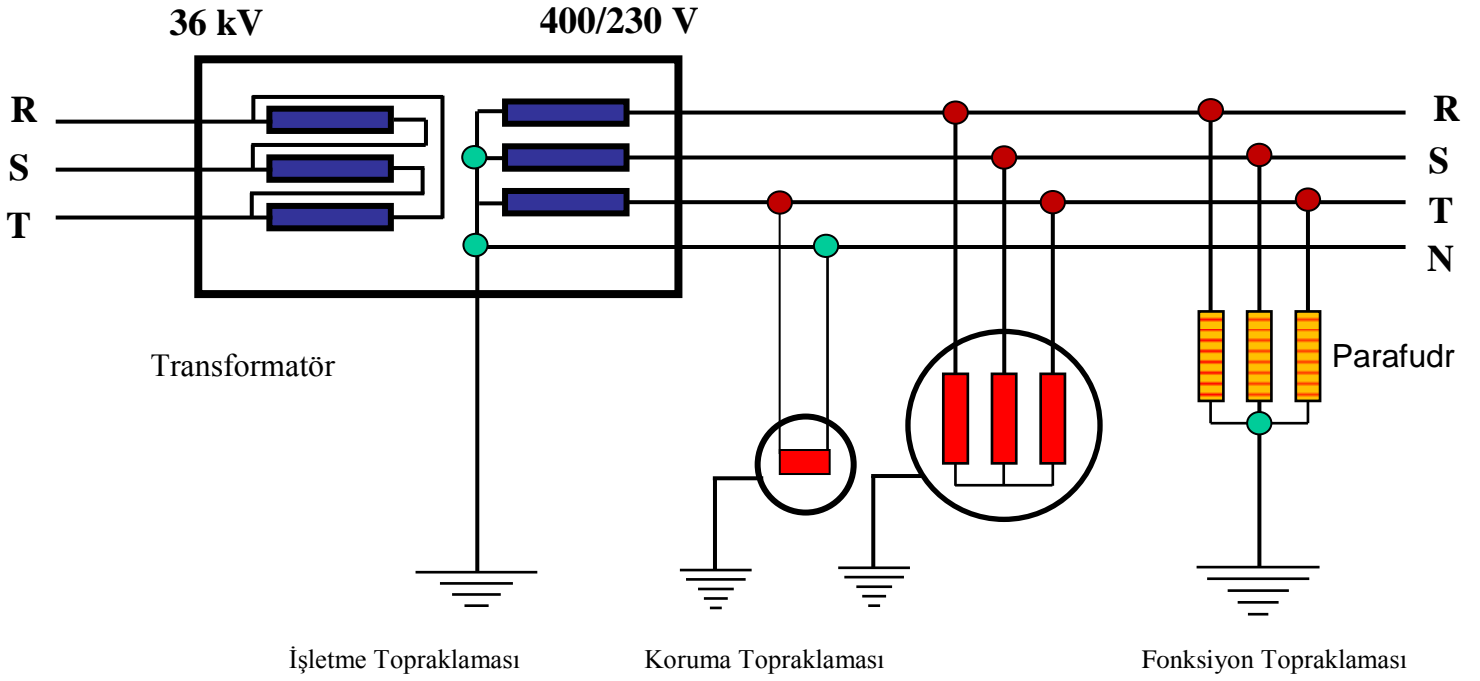
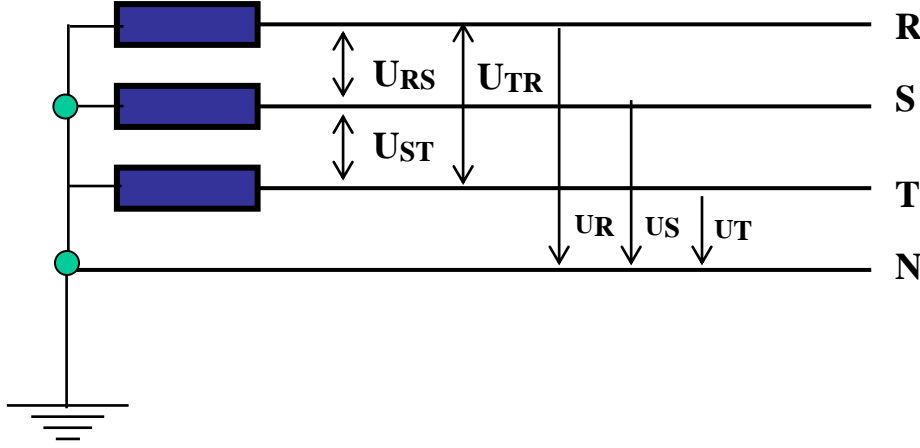


Ağ (Gözlü) Şebeke



Dağıtım Trafoları, Model





Trafo Yıldız Noktası doğrudan topraklanabilir, empedans üzerinden topraklanabilir veya topraktan izole edilebilir

3. DAĞITIM ŞEBEKELERİ (TT, TN, IT)

Şebeke Sistemleri aşağıdaki kısaltmalarla karakterize edilmektedir:

1.Harf : Kaynağın Topraklama özelliklerini göstermektedir,

T : Bir noktanın direk olarak topraklanmasını

I : Tüm aktif kısımların Topraktan yalıtılmasını veya bir noktanın empedans üzerinden topraklanmasını sembolize etmektedir.

2.Harf : Elektrik Cihazının Gövdesinin Topraklama koşullarını göstermektedir,

T : Gövdenin, kaynağa ait topraklamadan bağımsız bir şekilde, direk olarak topraklanmasını

N : Gövdenin, direk olarak işletmeye ait topraklama hattına bağlanmasını sembolize etmektedir.

Ayrıca **TN** Şebekede :

S : Nötr (**N**) ve Koruma (**PE**) hatları ayrıdır

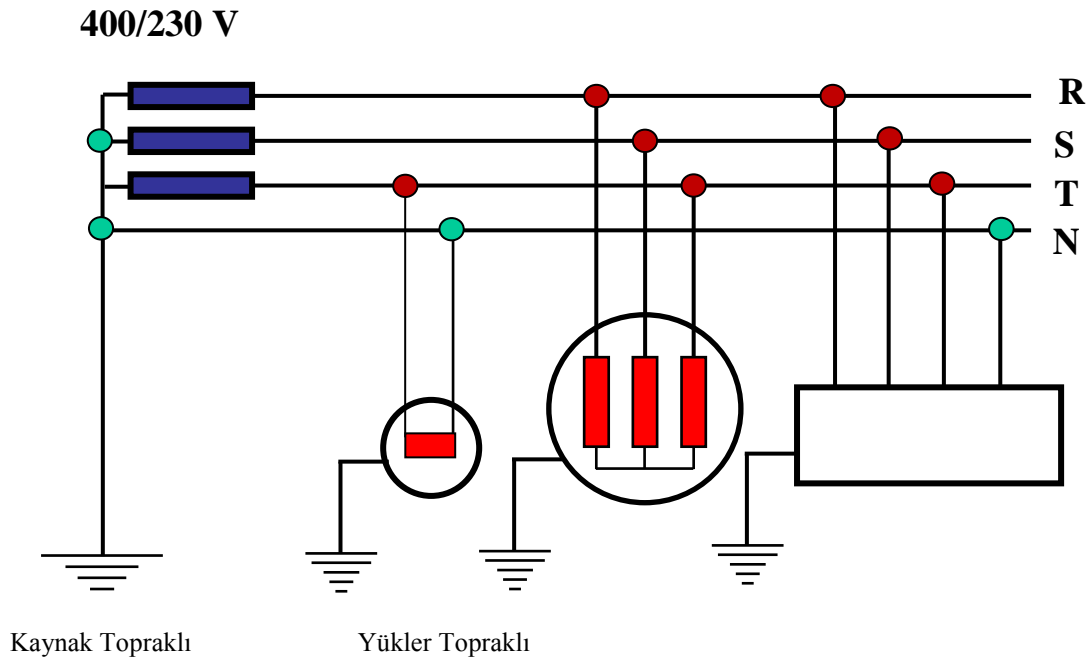
C : Nötr (**N**) ve Koruma (**PE**) hatları ortaktır (**PEN**)

S (seperate :ayrı), C (common:ortak), PE (protection earth: koruma iletkeni) N (nötr)

ifade etmektedir.

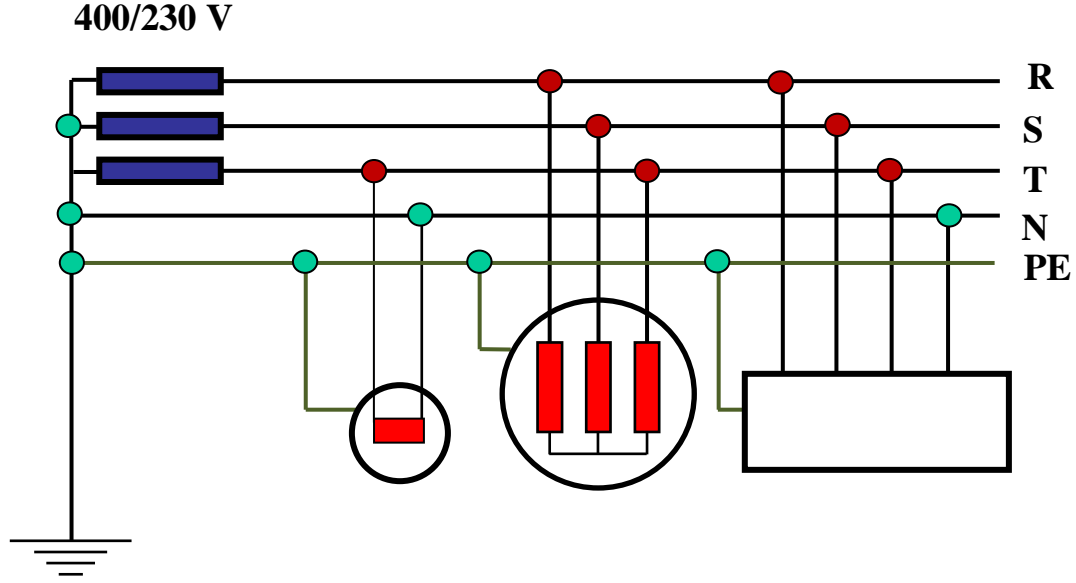
TT Sistemi

Sistem nötrü ve cihazlar ayrı ayrı topraklanmış



TN-S Sistemi

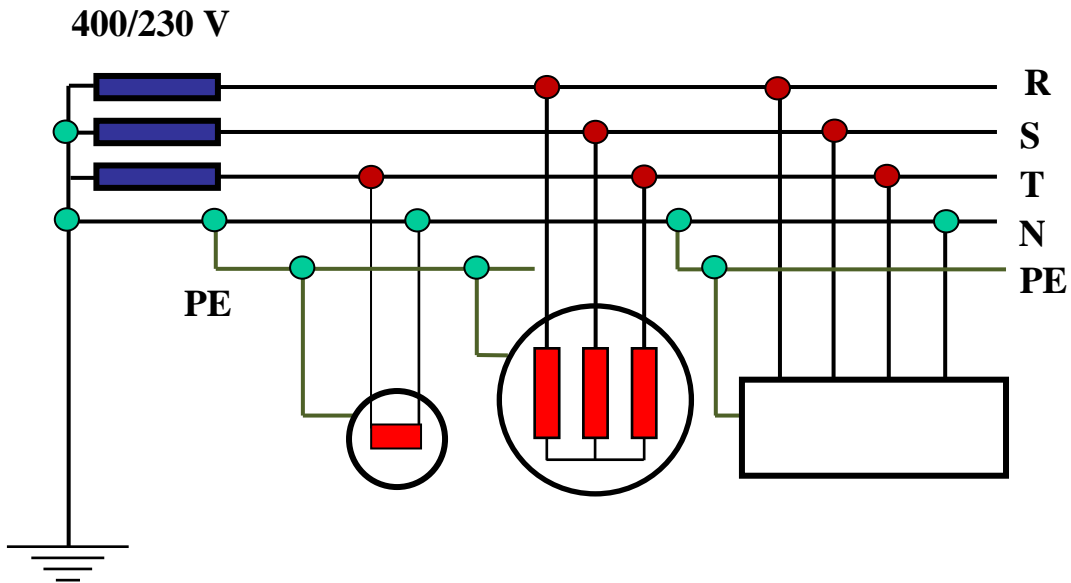
Koruma ve nötr fonksiyonları ayrı iletkenlerle



İletken kesitleri 10 mm² ye eşit veya küçük olan şebekelerde TN-S sistem kullanmak zorunludur.

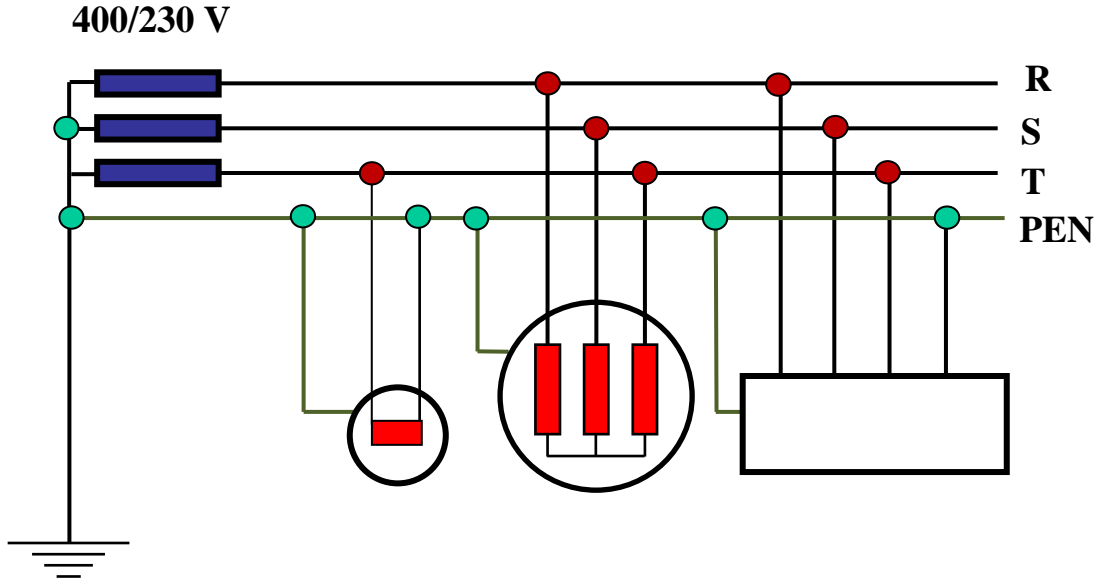
TN-C-S Sistemi

Koruma ve nötr fonksiyonları şebekenin bir bölümünde birleştirilmiş



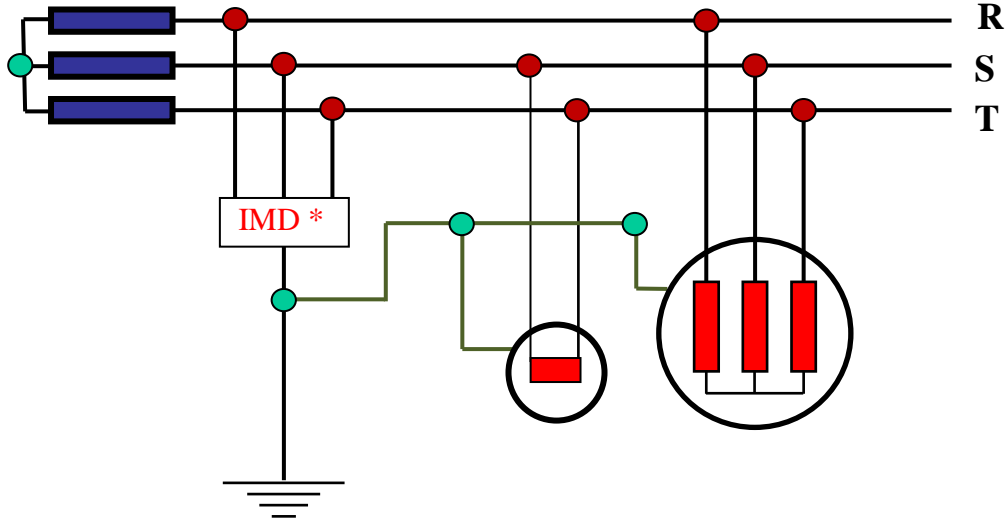
TN-C Sistemi

Koruma ve nötr fonksiyonları birleştirilmiş



IT Sistemi

Sistem nötrü yalıtılmış ve cihazlar topraklanmış



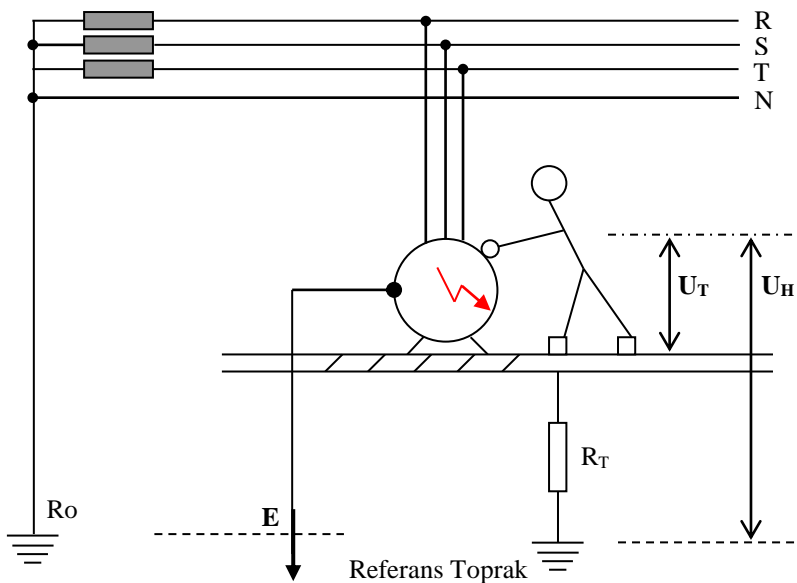
* **IMD** : Yalıtım İzleme Cihazı (**I**nsulation **M**onitoring **D**evice)

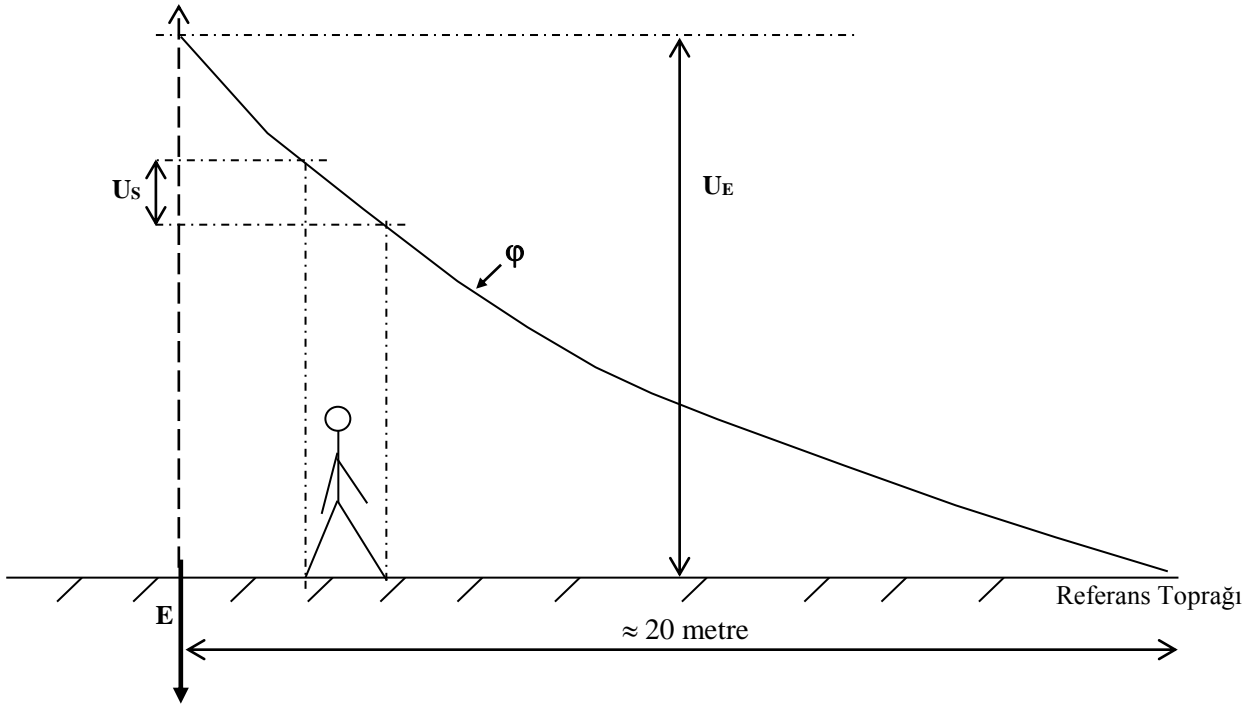
<https://www.bender.de/en/products/insulation-monitoring-overview>

http://file.scirp.org/Html/3-6401032_3325.htm#txtF2

4. TANIMLAR

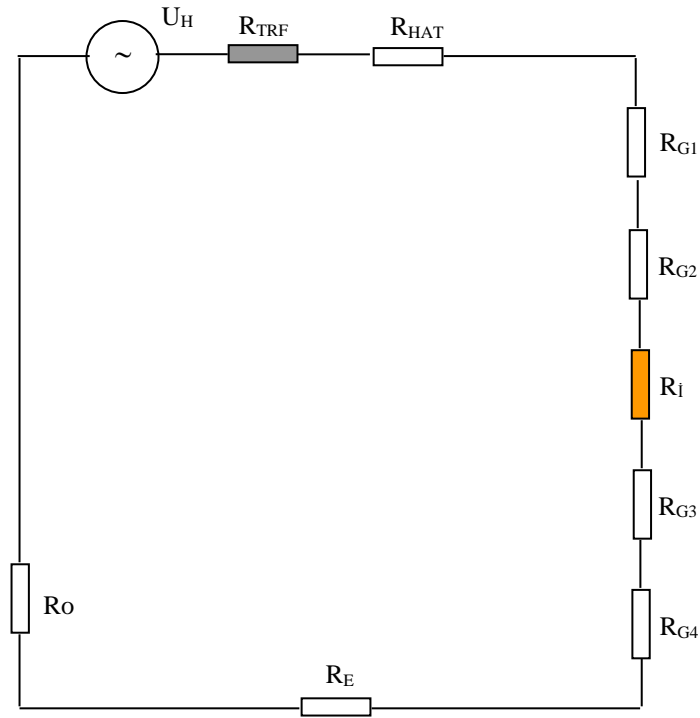
Alçak Gerilim	: Etkin değeri 1kV un altında olan gerilimlerdir
Tüketici Tesisi	: Tüketicileri beslemek için yapılan elektrik tesisleridir
Tüketici	: Elektrik enerjisini elektriksel olamayan diğer enerji türlerine çeviren cihazlardır.
İşletme aracı	: Elektrik enerjisinden yararlanmak üzere kullanılan cihazlardır.
Aktif Kısım	: İşletme açısından gerilim altında bulunan ve işletme akım devresine ait sargı, direnç vb. iletken kısımlardır. Pasif kısımlara karşı "işletme izolasyonu" ile yalıtılmışlardır.
Gövde (Pasif Kısım)	: İşletme aracının her an temas edilebilecek olan, aktif kısımlarından işletme izolasyonu ile ayrılan fakat bir izolasyon hatası sonucu gerilim altında kalabilen madeni ve iletken kısımlardır.
Yıldız Noktası	: Herhangi bir işletme elemanının yıldız bağlı sargılarının ortak düğüm noktasıdır.
Faz İletkeni	: Kaynakla tüketicileri bağlayan iletkenlerdir, (R S T) veya (L1 L2 L3) olarak gösterilirler.
Nötr İletkeni	: Üç fazlı sistemlerde yıldız nıktadından çıkan iletkendir (N) veya (O) harfi ile gösterilir.
Koruma İletkeni	: Cihazları temas gerilimine karşı korumak için, cihaz gövdelerini işletme topraklamasına bağlayan iletkendir. (PEN) ile gösterilir.



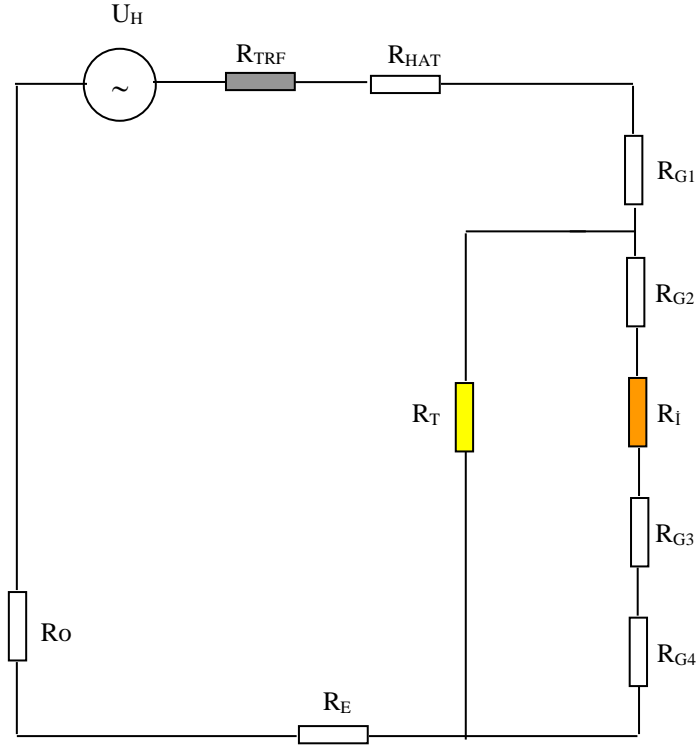


Anma Gerilimi (U_N)	: Şebekenin adlandırıldığı gerilim olup faz arası değerdedir.
İşletme Gerilimi (U_i)	: Bir tesis bölümünde veya bir işletme aracında faz iletkenleri arasındaki yerel gerilimdir. ($U_i \leq U_N$ veya $U_i > U_N$ olabilir)
Hata Gerilimi (U_H)	: Bir gövde kaçağı (yalıtım hatası) olması durumunda, gövde ile referans toprağı arasında oluşan gerilimdir
Topraklayıcı Gerilimi (U_E)	: Bir gövde kaçağı (yalıtım hatası) sonucu topraklayıcıdan bir hata akımı akması durumunda, topraklayıcı ile referans toprağı arasında oluşan gerilimdir
Temas Gerilimi (U_T)	: Hata Geriliminin insan vücudu tarafından köprülenen kısmıdır
Yeryüzü Potansiyeli (ϕ)	: Topraklayıcı ile referans toprağı arasındaki gerilim dağılımıdır
Adım Gerilimi (U_s)	: Bir kaçak olması durumunda, yeryüzü potansiyelinin insan (veya canlı) ayakları arasında köprülenen kısmıdır
Hata Akımı (I_H)	: Bir yalıtım hatası sonucunda, gövde, toprak veya koruma iletkeninden geçen akımdır
Kaçak Akım	: Cihazların aktif kısımlarından, işletme izolasyonu üzerinden gövdelerine geçen akımdır.
Topraklayıcı (Elektrod; E)	: Toprakla iletken bir bağlantı kurmak amacıyla, toprağa gömülen iletken malzemelerdir.

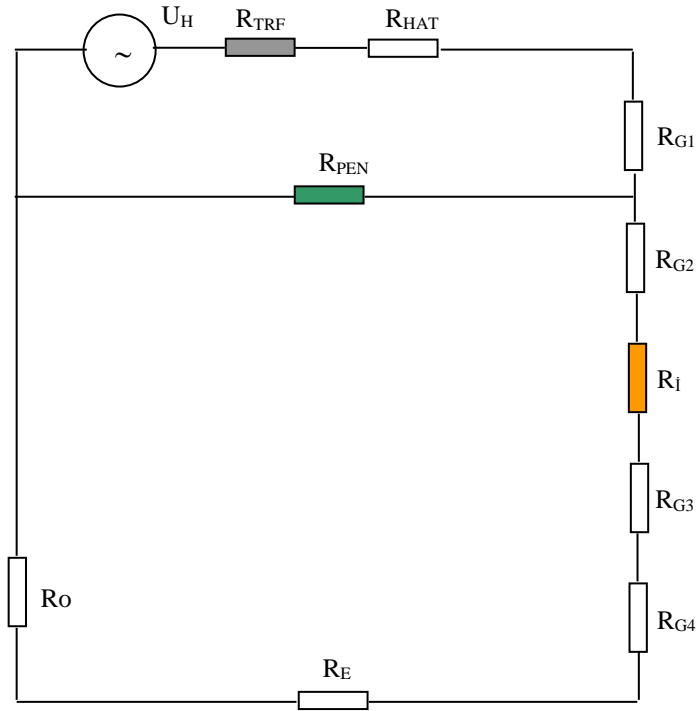
R_{TRF}	: Trafo Faz Sargısının Direnci
R_{HAT}	: İletim Hattı Direnci
R_{G1}	: Yalıtım hatasının olduğu yerdeki geçiş direnci
R_{G2}	: Arızalı işletme aracı gövdesi ile insan eli geçiş direnci
R_i	: İnsan vücudu direnci
R_{G3}	: İnsan ayağının bastığı yerdeki ayak ile zemin arasındaki geçiş direnci
R_{G4}	: Zemin ile gerçek toprak arasındaki geçiş direnci
R_E	: Toprağın direnci
R_A	: Arızalı işletme aracının üzerinde durduğu altlık direnci
R_{G5}	: Altlık ile gerçek toprak arasındaki geçiş direnci
R_T	: Koruma Topraklaması direnci
R_O	: İşletme Topraklaması direnci



Şekil 5.1. Hata Akımı Eşdeğer Devresi (topraklama yok, motorun altlığı zeminden yalıtılmış)



Şekil 5.2. Hata Akımı Eşdeğer Devresi (topraklama var “ R_T ”)



Şekil 5.3. Hata Akımı Eşdeğer Devresi (koruma iletkeni var “ R_{PEN} ”)

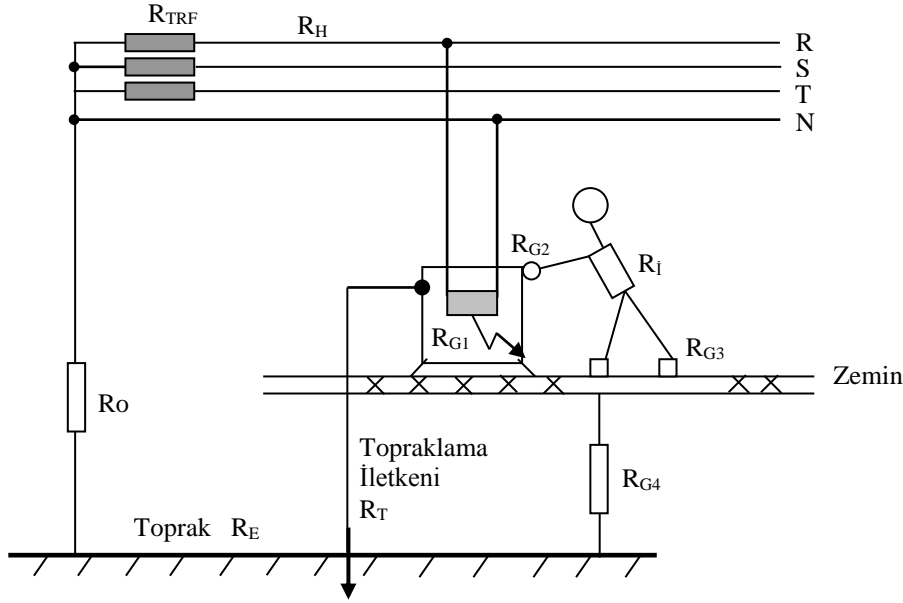
Örnek Problem 4.1.)

Aşağıda şekli verilen TT şebekeye bağlı cihazda bir gövde kaçağı olması durumunda;

a) Cihaz topraklanmamış durumda iken, $R_H=1$ ohm, $R_I=2000$ ohm, $R_{G4}=198$, $R_o=1$ ohm (diğer tüm dirençler ihmal) değerleri ile akacak **Hata akımını**, **Hata Gerilimini** ve **Temas Gerilimini** hesaplayınız

b) Topraklama yapılması durumunda, topraklama direncini $R_T=0,2$ ohm kabul ederek; **Hata akımını**, **Hata Gerilimini** ve **Temas Gerilimini** hesaplayınız.

(NOT : $U_H=220$ V)



Çözüm 4.1.

a.) Hata akımı devresindeki dirençlerin toplamı;

$$R_{TOPLAM} = R_H + R_I + R_{G4} + R_o$$

$$R_{TOPLAM} = 1 + 2000 + 198 + 1 = 2200 \text{ Ohm}$$

Hata akımı;

$$I_H = \frac{U_R}{R_{TOPLAM}} = \frac{220}{2200} = 0,1A$$

Hata Gerilimi :

$$U_H = (R_I + R_{G4}) \times I_H = 2198 \times 0,1 = 219,8 \text{ V}$$

Temas Gerilimi :

$$U_T = R_I \times I_H = 2000 \times 0,1 = 200 \text{ V}$$

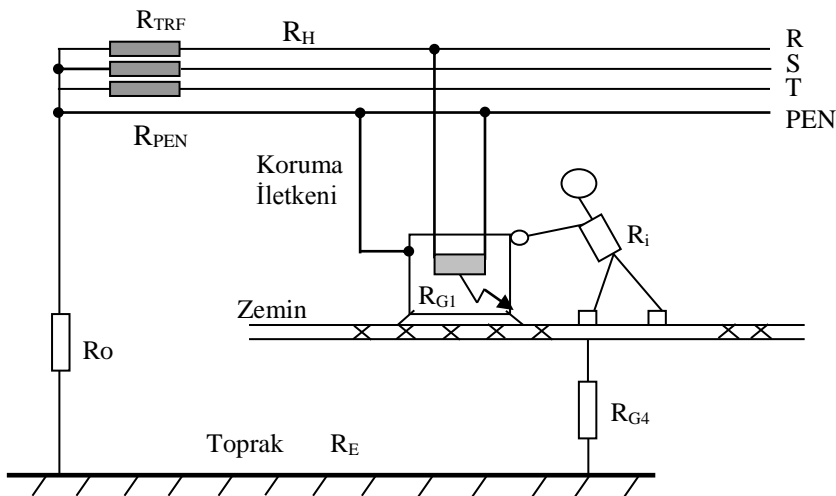
b.) Yeni durumda hata akımı devresindeki dirençlerin toplamı;

$$R_{TOPLAM} = R_H + (R_I + R_{G4}) // R_T + R_o$$

$$R_{TOPLAM} = 1 + (2000 + 198) // 0,2 + 1 = 1 + 0,2 + 1 = 2,2 \text{ Ohm}$$

$$I_H = \frac{U_R}{R_{\text{TOPLAM}}} = \frac{220}{2.2} = 100 \text{ A}$$
$$U_H = (R_i + R_{G4}) I_H = 0.2 \times 100 = 20 \text{ V}$$
$$U_T = \frac{R_i}{R_i + R_{G4}} \cdot U_H = \frac{2000}{2198} \cdot 20 = 18,2 \text{ V}$$

b-) Gövdeyi koruma iletkenine bağlayan telin kopması durumunda; Hata akımını, Hata Gerilimini ve Temas Gerilimini Hesaplayınız



U_Y	:	220 V
$R_{TRF+HAT}$:	0,4 Ω
R_{G1}	:	0,2 Ω
R_i	:	2000 Ω
R_{G4}	:	198 Ω
R_o	:	1,4 Ω
R_{PEN}	:	0,4 Ω

Zemin ile cihaz gövdesi arası
“altlık” tam yalıtkandır !

$$R_{\text{TOPLAM}} = 0,4 + 0,2 + \frac{(0,4) \times (2000 + 198 + 1,4)}{(0,4 + 2000 + 198 + 1,4)} = 0,6 + \frac{0,4 \times 2199,4}{2199,8} = 0,6 + 0,4 = 1\Omega$$

Hata akımı;

$$I_H = \frac{U_R}{R_{TOPLAM}} = \frac{220}{1} = 220 \text{ A}$$

Hata Gerilimi :

$$U_{PEN} = R_{PEN} \times I_H = 0,4 \times 220 = 88 \text{ V}$$

$$U_{PEN} = U_H + U_{RO}$$

$$U_H = \frac{R_I + R_{G4}}{R_I + R_{G4} + R_O} \times U_{PEN} = \frac{2198}{2199,4} \times 88 \cong 88 \text{ V}$$

Temas Gerilimi :

$$U_T = \frac{R_I}{R_I + R_{G4}} \times U_H = \frac{2000}{2198} \times 88 \cong 80 \text{ V}$$

b.) Hata akımı devresindeki dirençlerin toplamı;

$$R_{TOPLAM} = R_{TRF+HAT} + R_{G1} + R_I + R_{G4} + R_O$$
$$R_{TOPLAM} = 0,4 + 0,2 + 2000 + 198 + 1,4 = 2200 \text{ Ohm}$$

Hata akımı;

$$I_H = \frac{U_R}{R_{TOPLAM}} = \frac{220}{2200} = 0,1 \text{ A}$$

Hata Gerilimi :

$$U_H = (R_I + R_{G4}) \times I_H = 2198 \times 0,1 = 219,8 \text{ V}$$

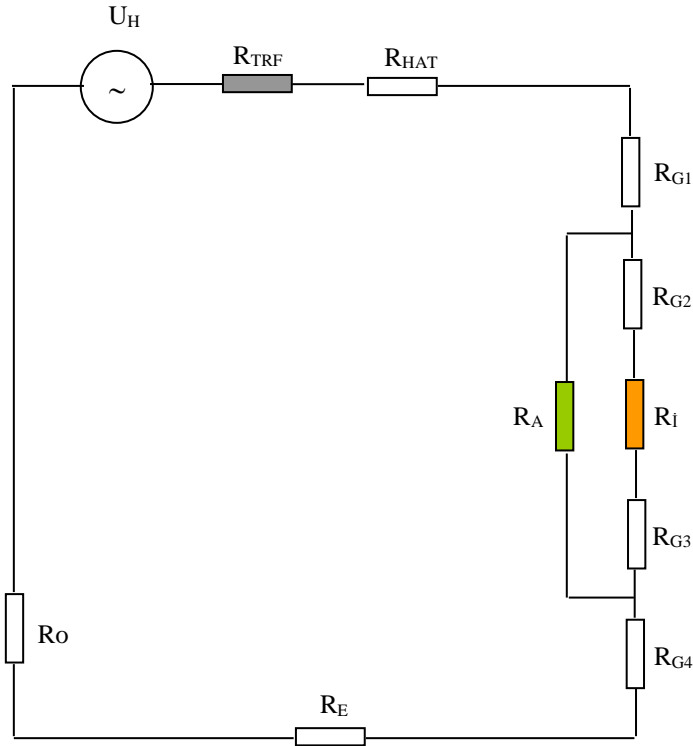
Temas Gerilimi :

$$U_T = R_I \times I_H = 2000 \times 0,1 = 200 \text{ V}$$

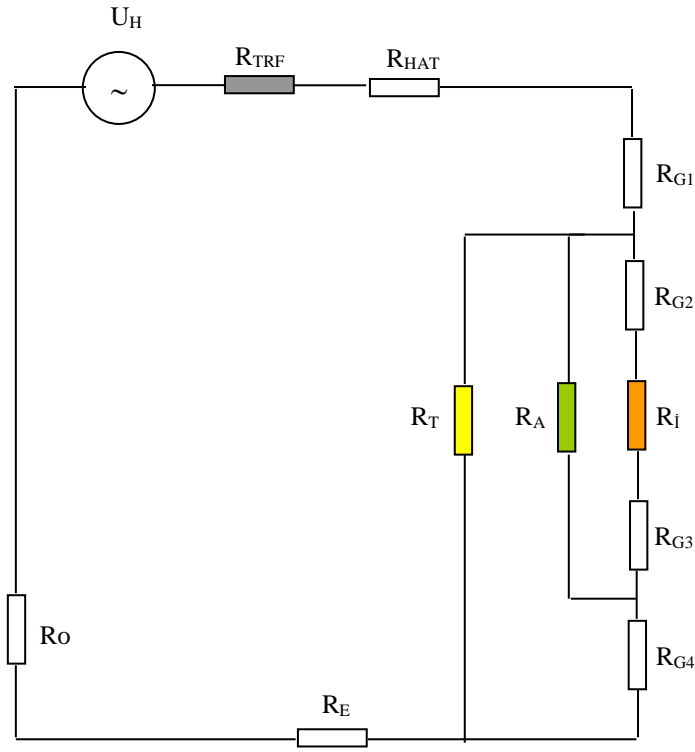
Tablo 5.1. Sigortaların 5s ve 0,4 s lik açma sürelerine karşılık gelen açma akımları

Alçak Gerilim gL, gG, gM sigortaları		
In (A)	In (A) 5 s	In (A) 0,4 s
2	9,5	17
4	19	32
6	28	50
10	48	80
16	70	120
20	86	150
25	115	210
32	150	250
35	173	267
40	200	300
50	250	460
63	330	610
80	430	800
100	580	1050
125	715	1300
160	950	1800

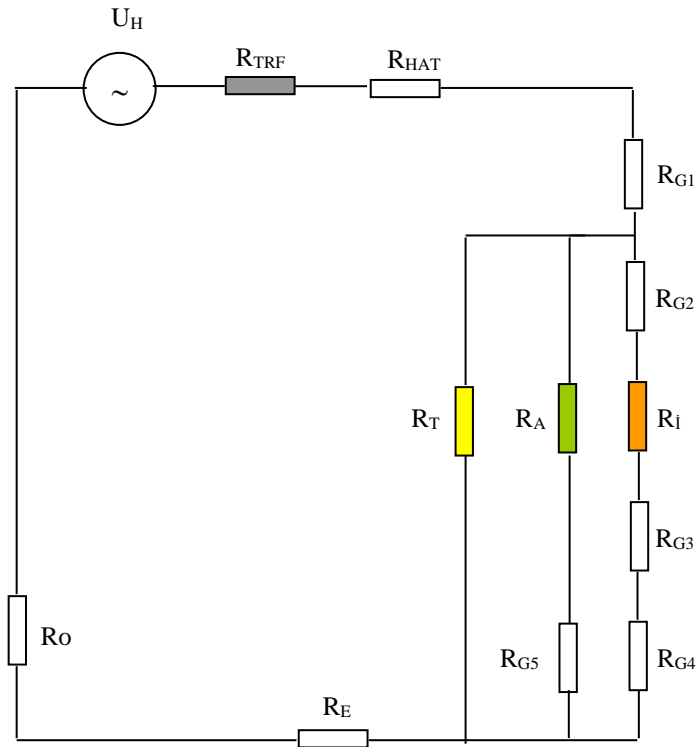
Örnek Problem 4.3.) Motorun altlığının direncinin göz önüne alınması



Şekil 5.4. Hata Akımı Eşdeğer Devresi (topraklama yok, motorun altlığı belirli bir “R_A” dirence sahip)



Şekil 5.5. Hata Akımı Eşdeğer Devresi (topraklama var “ R_T : Topraklama Direnci”, motorun altlığı belirli bir “ R_A ” dirence sahip)



Şekil 5.6. Hata Akımı Eşdeğer Devresi (topraklama var “ R_T : Topraklama Direnci”, motorun altlığı ile insanın üzerinde durduğu zeminler farklı “ R_{G5} : Motor altlığının durduğu zemin ile referans toprak arası geçiş direnci”)

Örnek Problem 4.4.) Şekil 5.4 – 5.5 – 5.6.’da Topraklama yerine “Koruma İletkeni” kullanılması durumları için “hata akımı devreleri” ayrıca irdelenmelidir.

