



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE**



Dipartimento di
**Ingegneria
e Architettura**



Impianti Elettrici (Parte1)

Elettrotecnica

A.A. 2025 - 2026

Prof. Nicola Blasuttigh – nicola.blasuttigh@units.it

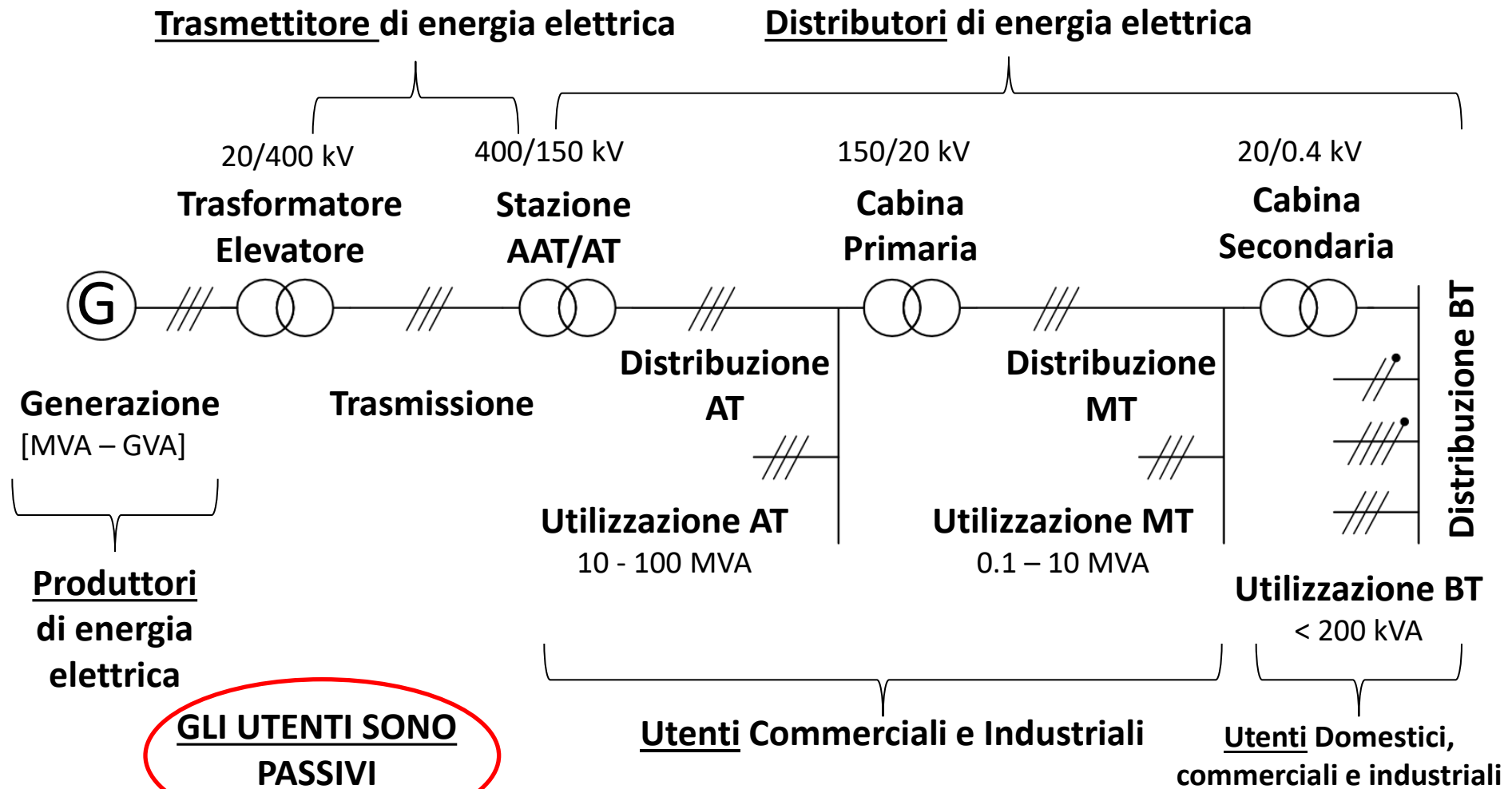
IMPIANTO (SISTEMA) ELETTRICO

Un impianto elettrico (o sistema elettrico) è un insieme di componenti e installazioni necessario a una o più delle seguenti funzioni:

- *Produzione*
- *Conversione e Trasformazione*
- *Distribuzione*
- *Utilizzazione* dell'energia elettrica
- ...

SISTEMA ELETTRICO CENTRALIZZATO

Flusso di potenza unidirezionale

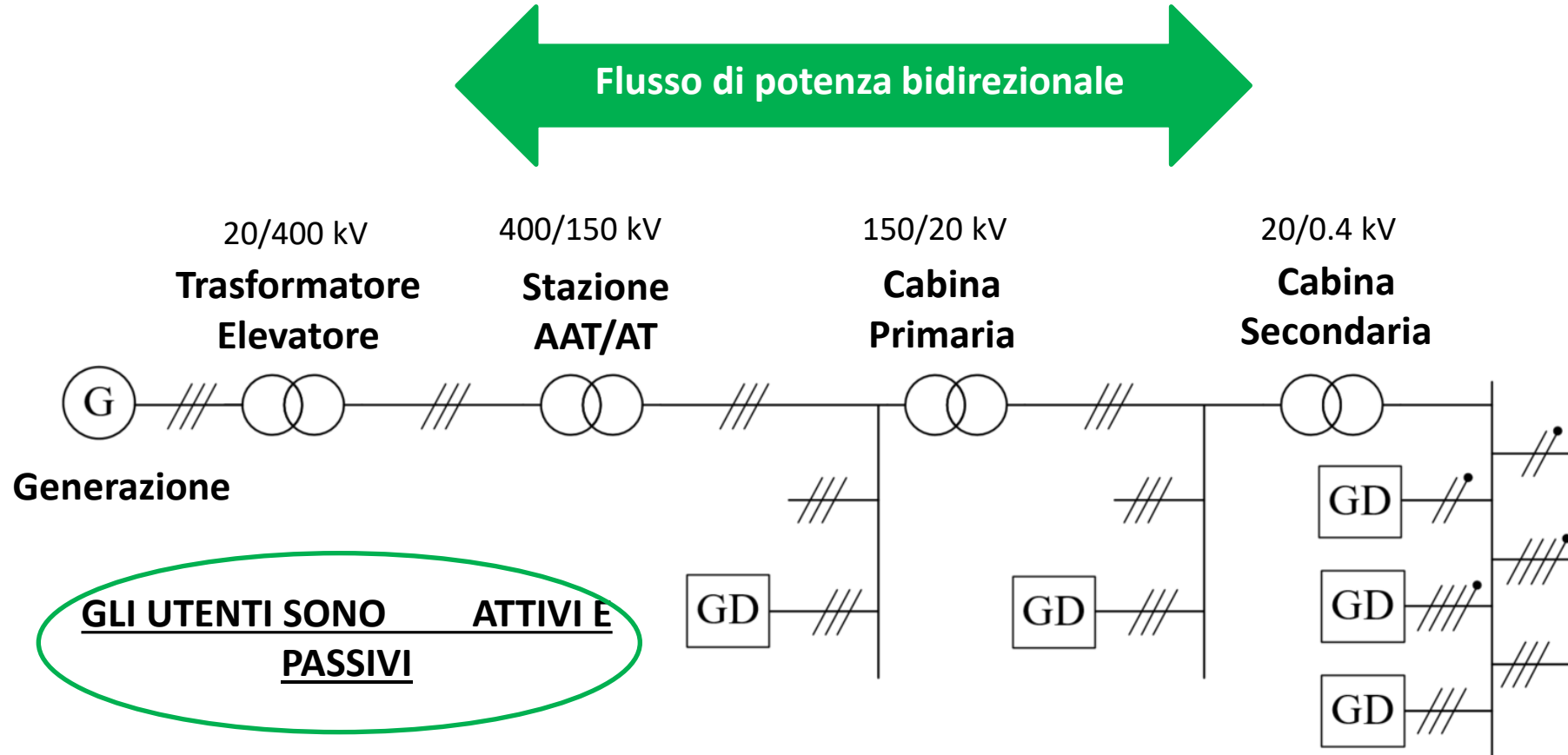


TENSIONE E POTENZA

Potenza [MW]	Livello di tensione
≤ 0.1	BT
0.1 – 0.2	BT/MT
0.2 – 3 (0.2 – 6)*	MT
3 – 10 (6 – 10)*	MT/AT
> 10	AT

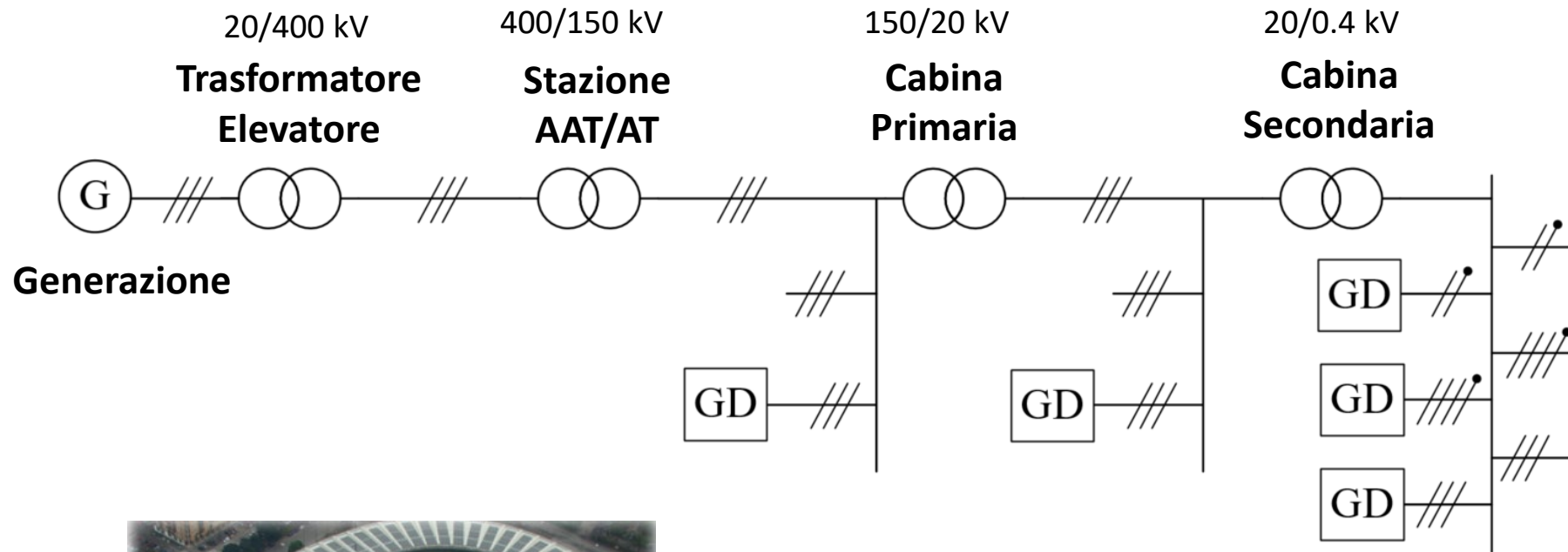
** Se produttore*

SISTEMA ELETTRICO IBRIDO



Nel sistema ibrido gli utenti da passivi diventano passivi/attivi (prosumers) disponendo di generatori distribuiti (GD)

GENERAZIONE DISTRIBUITA



CONDUTTORI

Nella scelta dei conduttori si tiene conto di

- Tenuta all'isolamento U_0/U (0,6/1)
- Portata I_z
- Caduta di tensione ΔU

U_0 [kV] – Valore efficace della tensione fra un conduttore e terra

U [kV] – Valore efficace della tensione fra due conduttori qualsiasi

CORRENTE DI IMPIEGO

$$I_b \leq I_z$$

$$I_b = f(U_n, \cos \varphi)$$

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3}U_n \cos \varphi}$$

$$I_b = \frac{P}{U_n \cos \varphi}$$

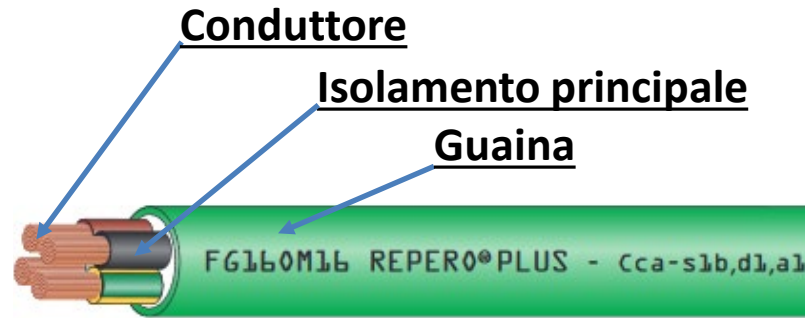
Per la bassa tensione $U_n = 400$ V in trifase
in monofase

230 V

STUFETTA DOMESTICA

POMPA ESTRAZIONE ACQUA

PORTATA E SEZIONE DEI CONDUTTORI



Nominal voltage U_0/U : 0,6/1 kV

Maximum operating temperature: 90°C

Minimum operating temperature: -15°C

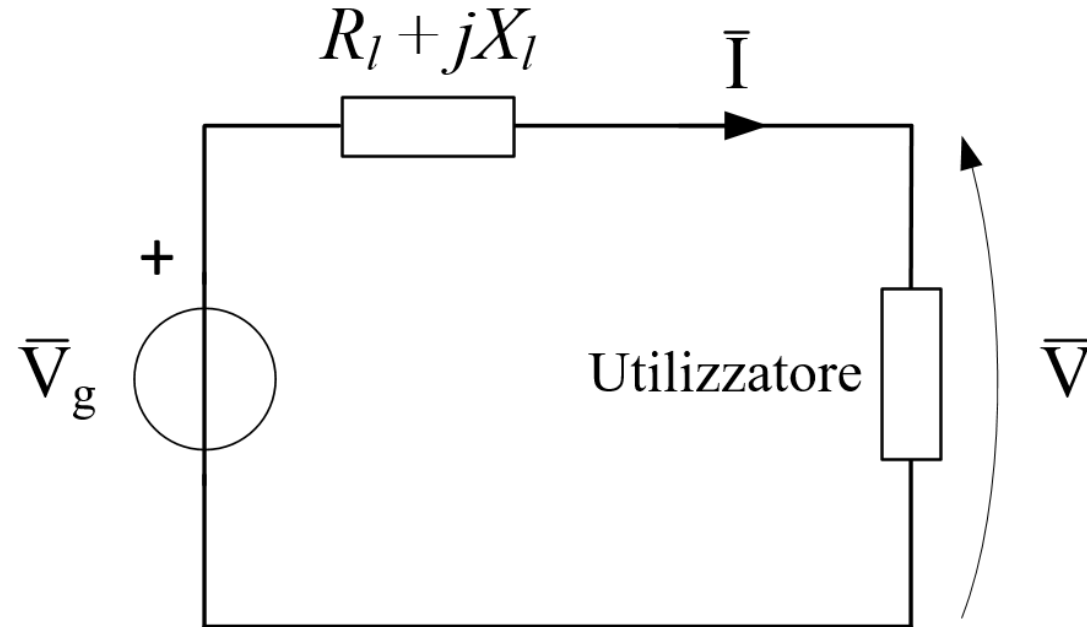
Condizioni di impiego

Particolarmente indicato in luoghi a rischio d'incendio e con elevata presenza di persone dove è fondamentale garantire la salvaguardia e preservare gli impianti e le apparecchiature dall'attacco dei gas corrosivi (uffici, scuole, supermercati, cinema, teatri, discoteche ecc.) per impiego all'interno in locali anche bagnati o all'esterno. Adatto per posa fissa su murature e strutture metalliche in aria libera, in tubo o canaletta o sistemi simili. Ammessa anche la posa interrata. (rif. CEI 20-67)

$$I_b \leq I_z = f(S) \quad S \text{ [mm}^2\text{]} - \text{Sezione del conduttore}$$

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø indicativo produzione	Peso indicativo cavo	Resistenza elettrica max a 20°C	Portata di corrente Current rating	
							In tubo in aria In pipe in air 30°C	Interrato Underground 20°C
Formation	Approx. conductor Ø	Average insulation thickness	Average sheath thickness	Approx. production Ø	Approx. cable weight	Max. electrical resistance at 20°C	A	A
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	A	A
4 x 1,5	1,6	0,7	1,8	10,8	189	13,3	19,5	19
4 x 2,5	1,9	0,7	1,8	12,0	245	7,98	26	25
4 x 4	2,5	0,7	1,8	13,3	325	4,95	35	32
4 x 6	3,0	0,7	1,8	14,5	415	3,30	44	41
4 x 10	4,0	0,7	1,8	17,7	625	1,91	60	55
4 x 16	5,0	0,7	1,8	19,9	870	1,21	80	72
4 x 25	6,2	0,9	1,8	24,1	1300	0,780	105	93

CADUTA DI TENSIONE



$$\Delta U = I(R_l \cos \varphi + X_l \sin \varphi)$$

$$V = V_g - \Delta U$$

CDT E SEZIONE DEI CONDUTTORI

Fissate la lunghezza del cavo, la temperatura di esercizio e le modalità di posa

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø indicativo produzione	Peso indicativo cavo	Resistenza elettrica max a 20°C	Portata di corrente Current rating	
							In tubo in aria In pipe in air 30°C	Interrato Underground 20°C
n° x mm²	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/ km	A	A
3 x 1,5	1,6	0,7	1,8	10,1	166	13,3	19,5	19
3 x 2,5	1,9	0,7	1,8	11,2	215	7,98	26	25
3 x 4	2,5	0,7	1,8	12,3	275	4,95	35	32
3 x 6	3,0	0,7	1,8	13,4	350	3,30	44	41
3 x 10	4,0	0,7	1,8	16,4	520	1,91	60	55

$$R_l = f(S)$$

$$X_l = f(S)$$

$$\Delta U \simeq k(rLI \cos \varphi + xLI \sin \varphi)$$

$$k = \begin{cases} 2 & \text{se } 1\varnothing \\ \sqrt{3} & \text{se } 3\varnothing \end{cases}$$

$$\frac{\Delta U}{U_n} \times 100 \leq 4\%$$

STUFA INDUSTRIALE

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø indicativo produzione	Peso indicativo cavo	Resistenza elettrica max a 20°C	Portata di corrente <i>Current rating</i>	
<i>Formation</i>	<i>Approx. conductor Ø</i>	<i>Average insulation thickness</i>	<i>Average sheath thickness</i>	<i>Approx. production Ø</i>	<i>Approx. cable weight</i>	<i>Max. electrical resistance at 20°C</i>	<i>In tubo in aria In pipe in air 30°C</i>	<i>Interrato Underground 20°C</i>
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	A	A
4 x 1,5	1,6	0,7	1,8	10,8	189	13,3	19,5	19
4 x 2,5	1,9	0,7	1,8	12,0	245	7,98	26	25

FUNZIONAMENTI ANOMALI

- Sovraccarico (curva di sovraccaricabilità)
- Corto circuito (integrale di Joule)
- Tensioni anomale (tra queste le sovratensioni interne ed esterne)

Per limitare la probabilità che tali condizioni anomale avvengano e per limitarne le conseguenze si utilizzano gli apparecchi di protezione

CURVA DI SOVRACCARICABILITA'

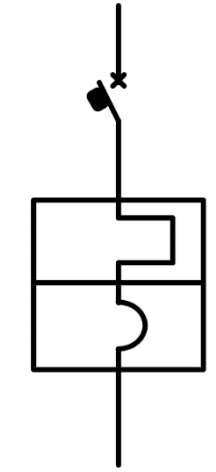
CORTOCIRCUITO

APPARECCHI DI PROTEZIONE

Gli apparecchi di **manovra**, **sicurezza** e **protezione** sono necessari a manovrare e proteggere gli impianti elettrici e le persone aprendo e chiudendo circuiti sia in funzionamento normale che in funzionamento anormale

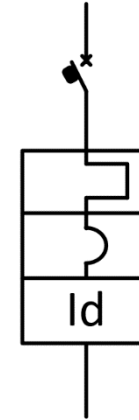
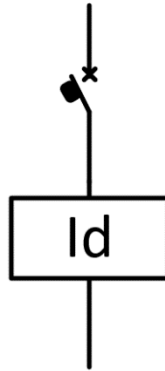
- Interruttori automatici (manovra e protezione)
- Relè magnetotermici, differenziali e di altro tipo (protezione)
- Fusibili (protezione)
- Contattori (manovra e protezione)
- Sezionatori (manovra e sicurezza)

INTERRUTTORI AUTOMATICI (RELE') MAGNETOTERMICI E FUSIBILI



**Interrompono le correnti
di corto circuito e di sovraccarico**

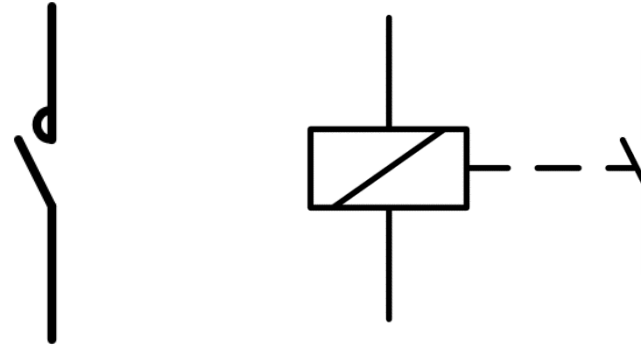
INTERRUTTORI (RELE') DIFFERENZIALI



Usati per la protezione delle persone dai contatti diretti (contatto con parti attive dell'impianto) e dai contatti indiretti (contatto con parti normalmente non in tensione ma che in condizioni di guasto possono trovarsi in tensione)

DIFFERENZIALE

CONTATTORI E RELE' (DI ALTRO TIPO)



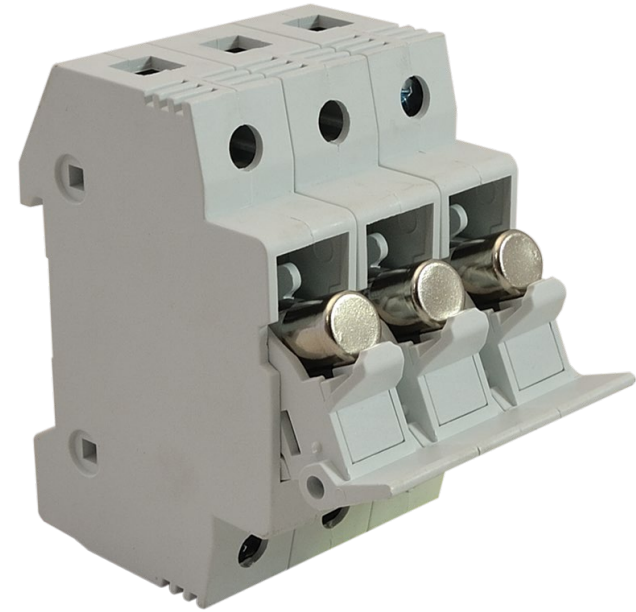
Per il comando (interruttori, commutatori, interruttori orari, rilevatori di movimento, ecc.) e la protezione

SEZIONATORI



Rendono visibile il sezionamento elettrico e non possono interrompere una corrente

ALTRI SIMBOLI



SCARICATORI DI TENSIONE



Limitatore di tensione modulare dotato di base e moduli di protezione estraibili (3 fasi più neutro)

PROTEZIONE DAL SOVRACCARICO

Interruttori automatici: $I_b \leq I_{prot} \leq I_z$

Fusibili: $I_f \leq 1.45I_z$

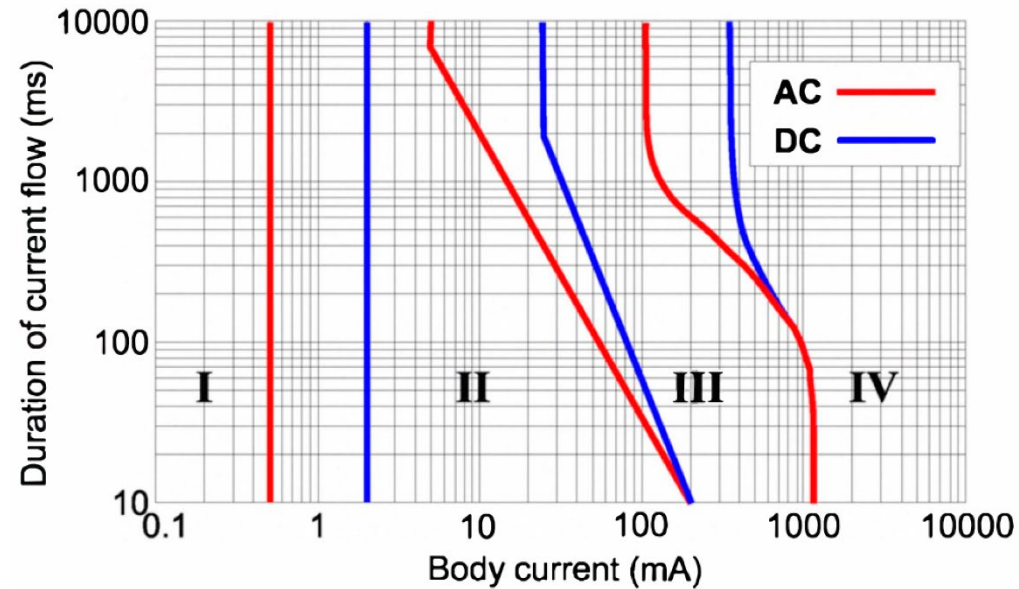
I_b [A] – corrente di impiego della conduttura

I_n [A] – corrente nominale del dispositivo di protezione

I_z [A] – portata della conduttura

I_f [A] – corrente nominale del fusibile

EFFETTI DELLA CORRENTE NEL CORPO UMANO



I – abitualmente nessuna reazione

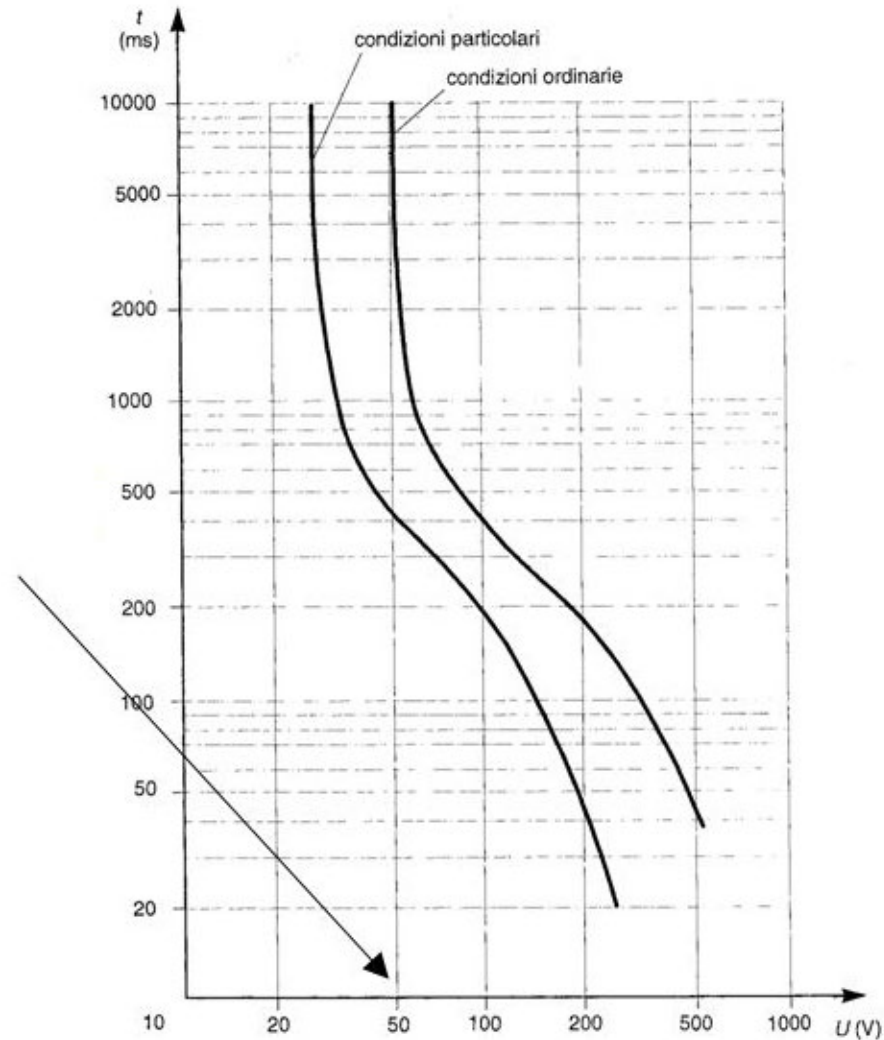
II – abitualmente nessun effetto fisiologico pericoloso

III – abitualmente nessun danno organico. Probabili contrazioni muscolari e difficoltà respiratoria, fibrillazione ventricolare e arresto cardiaco provvisorio

IV – la probabilità di fibrillazione aumenta, arresto cardiaco, arresto respiratorio, ustioni gravi

CURVA CONVENZIONALE DI SICUREZZA

La tensione di contatto a vuoto (U_L) è il limite convenzionale



SISTEMI ELETTRICI BT

Nella distribuzione BT si usano sistemi trifase a tre o quattro fili, e monofase

Il neutro viene distribuito per alimentare utilizzatori monofase

Una massa è una parte metallica di una apparecchiatura elettrica accessibile alle persone e isolata dalle parti in tensione

Una massa estranea è una parte metallica che non fa parte di un impianto elettrico

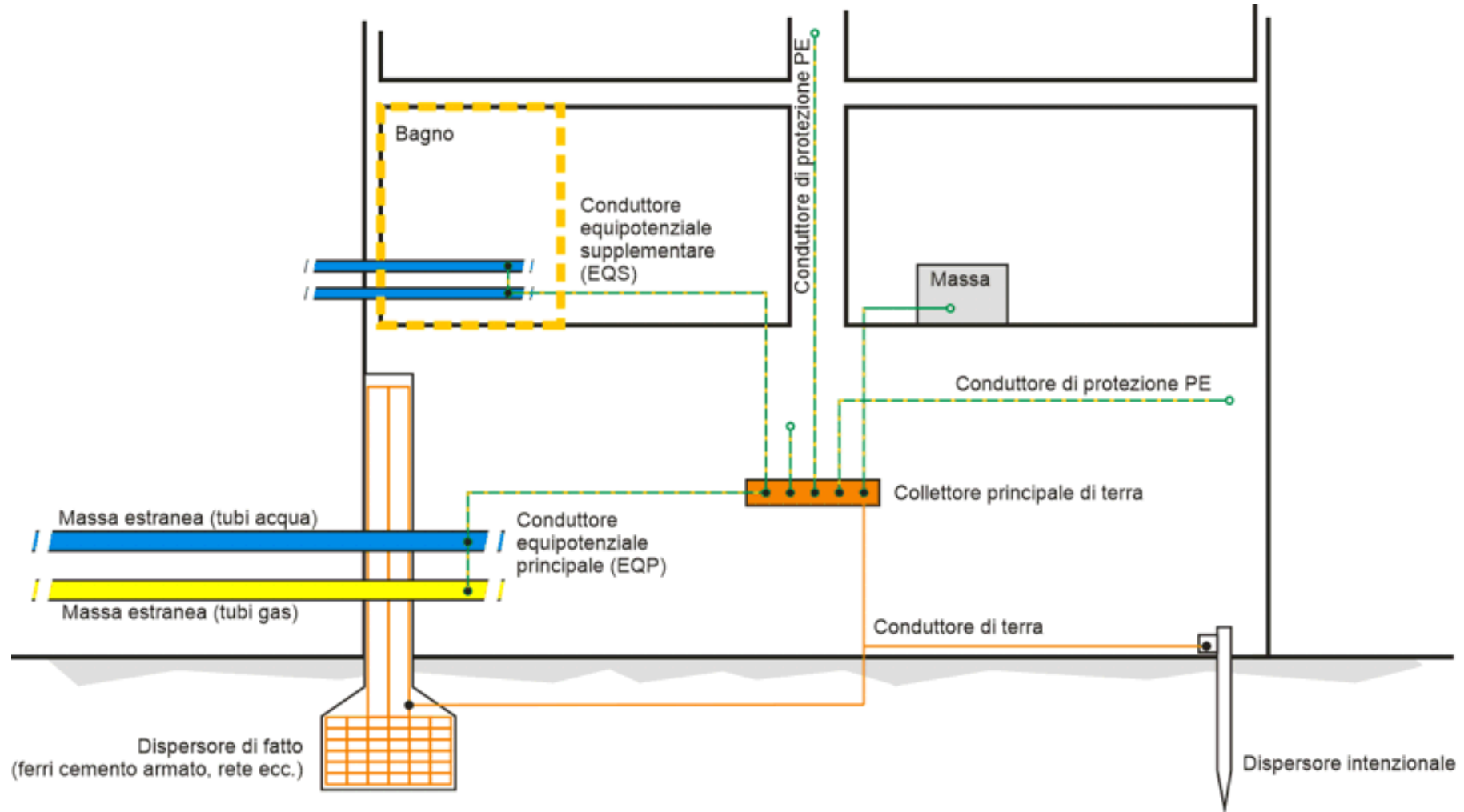
SISTEMI ELETTRICI BT

Un dispersore metallico infisso nel terreno, che ha il compito di disperdere le **correnti di guasto**, prende il nome di messa a terra di protezione (dispersore di terra)

I sistemi vengono classificati in funzione del:

- Collegamento a terra del neutro (prima lettera)
- Collegamento a terra delle masse (seconda lettera)

IMPIANTO DI TERRA

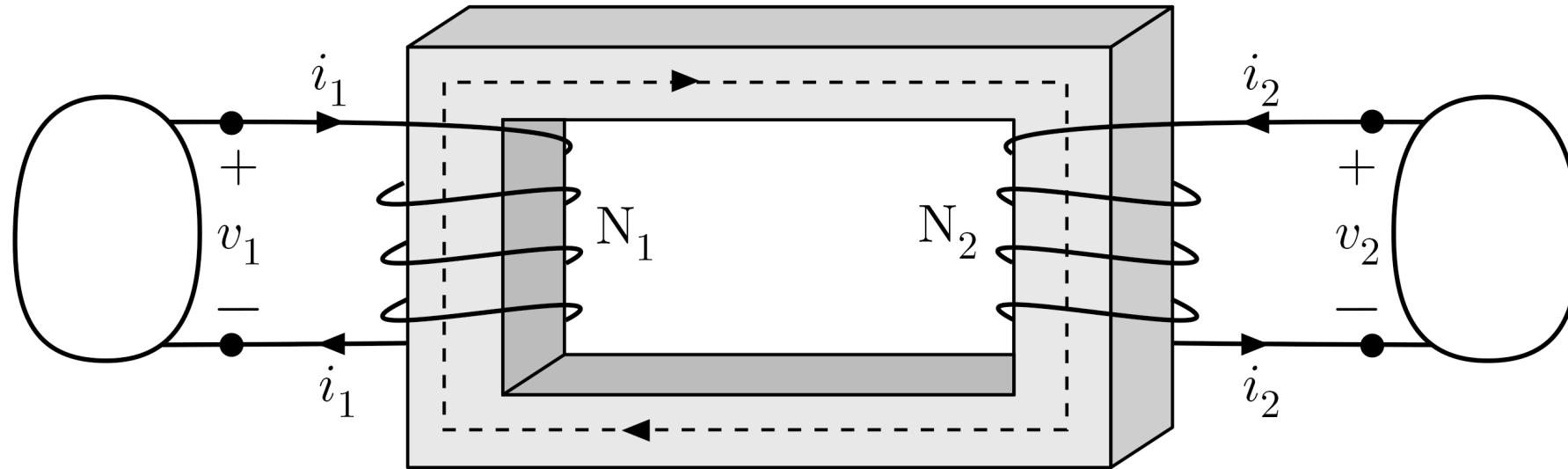


IL TRASFORMATORE

- Macchina elettrica statica (principio di induzione elettromagnetica)
- Monofase o trifase
- Largo impiego per adattare i livelli di tensione (ad esempio tra linee di trasmissione e di distribuzione dell'energia elettrica)



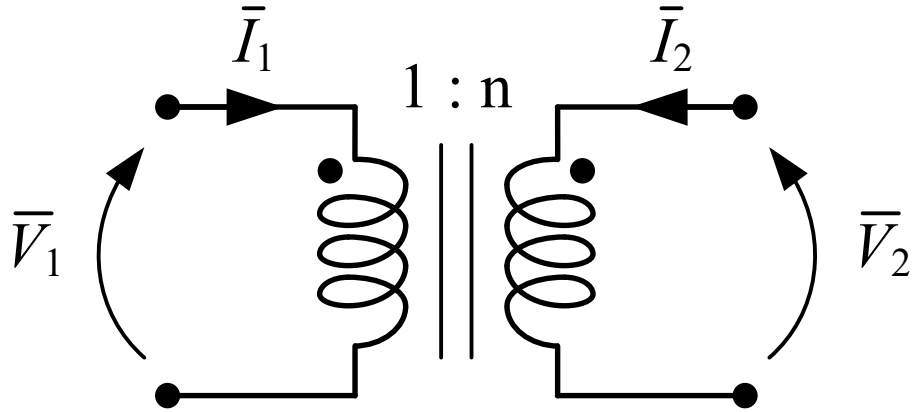
IL TRASFORMATORE



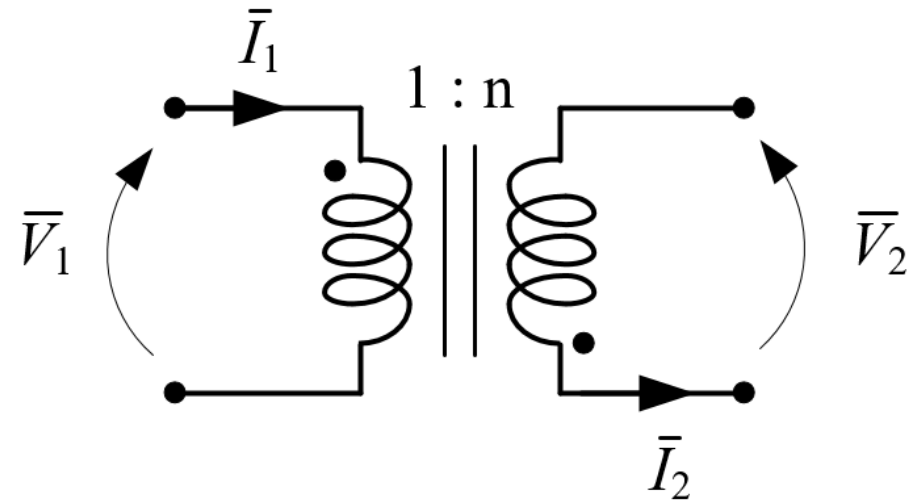
$$n = \frac{N_2}{N_1}$$

Rapporto Spire

IL TRASFORMATORE

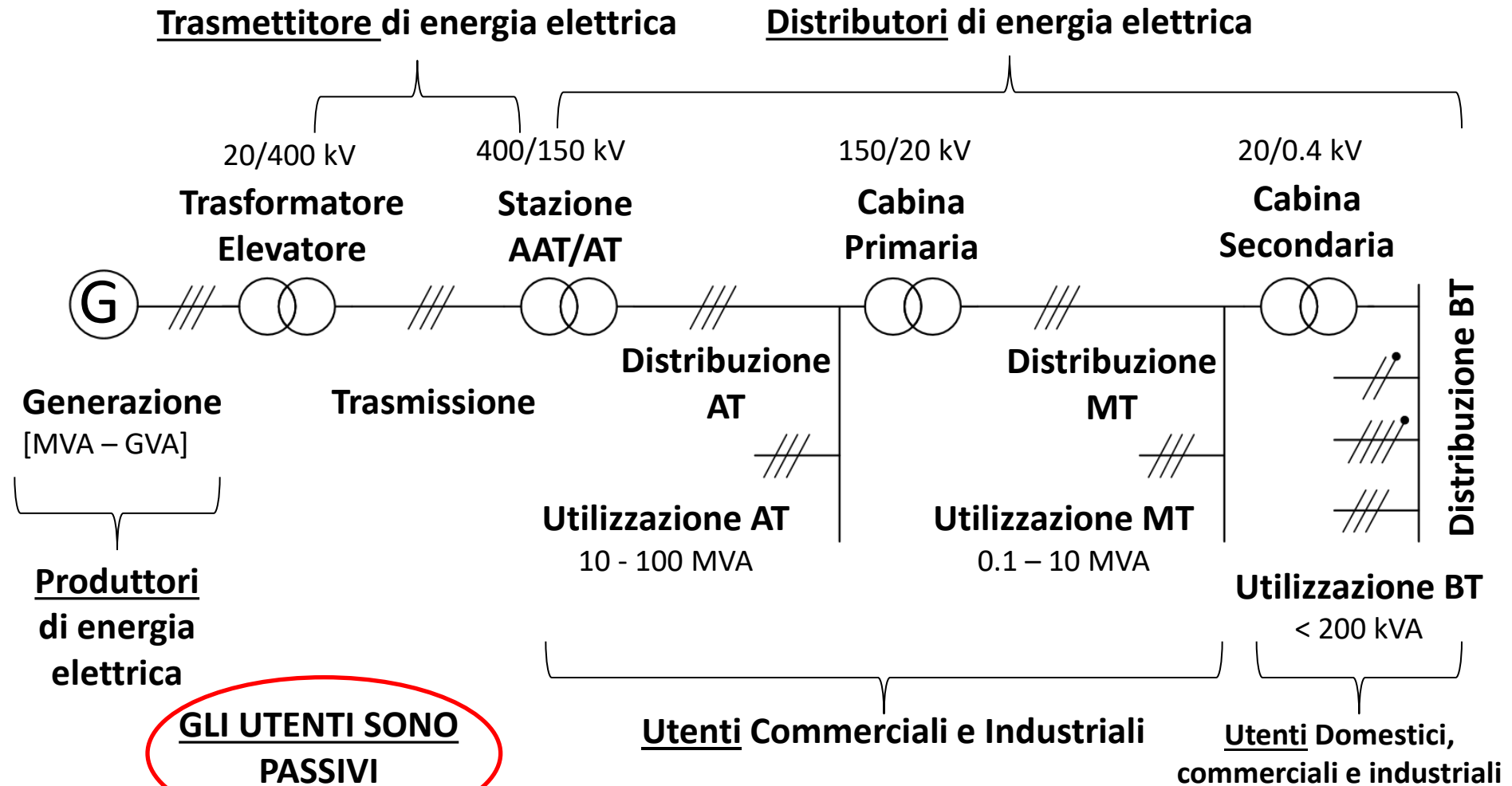


$$\begin{cases} \bar{V}_2 = n\bar{V}_1 \\ \bar{I}_2 = -\frac{1}{n}\bar{I}_1 \end{cases}$$

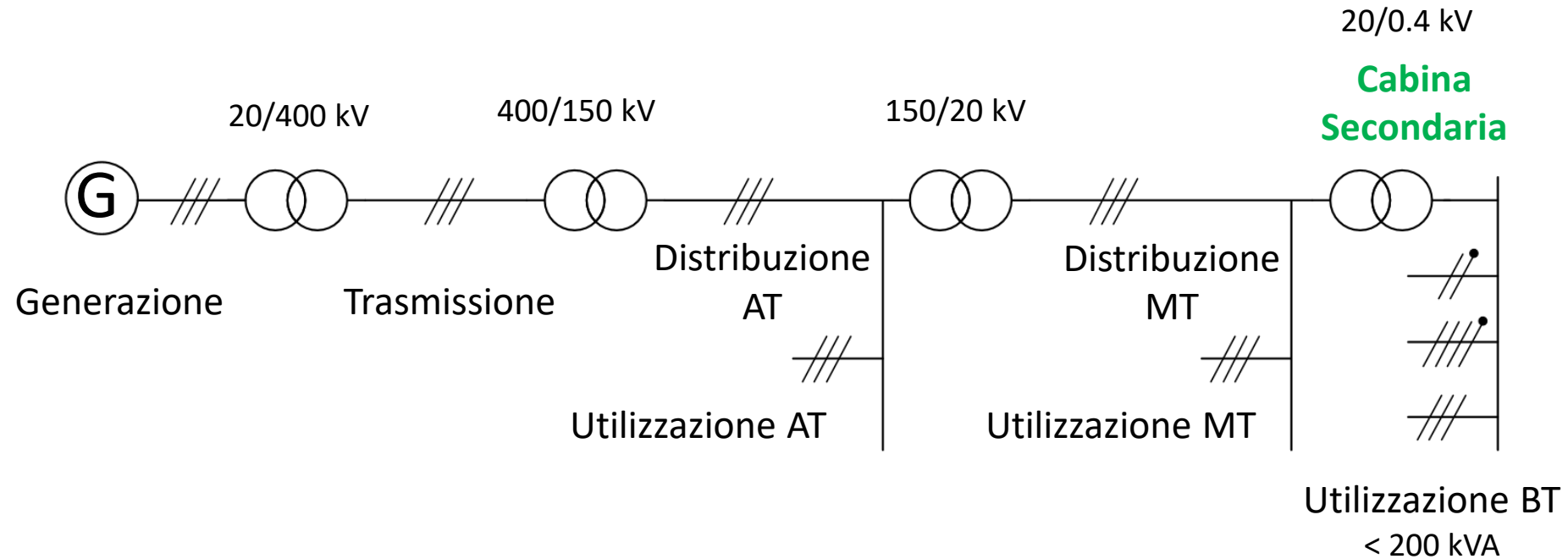


$$\begin{cases} \bar{V}_2 = -n\bar{V}_1 \\ \bar{I}_2 = \frac{1}{n}\bar{I}_1 \end{cases}$$

SISTEMA ELETTRICO CENTRALIZZATO



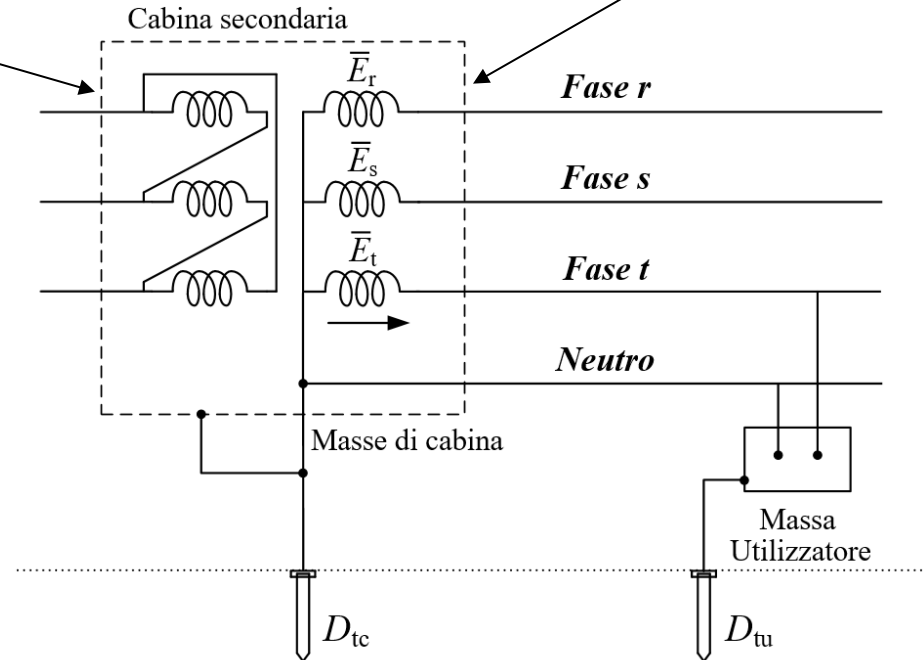
CABINE SECONDARIE



SISTEMA TT

LATO MT (DSO)

LATO BT (UTENTE)

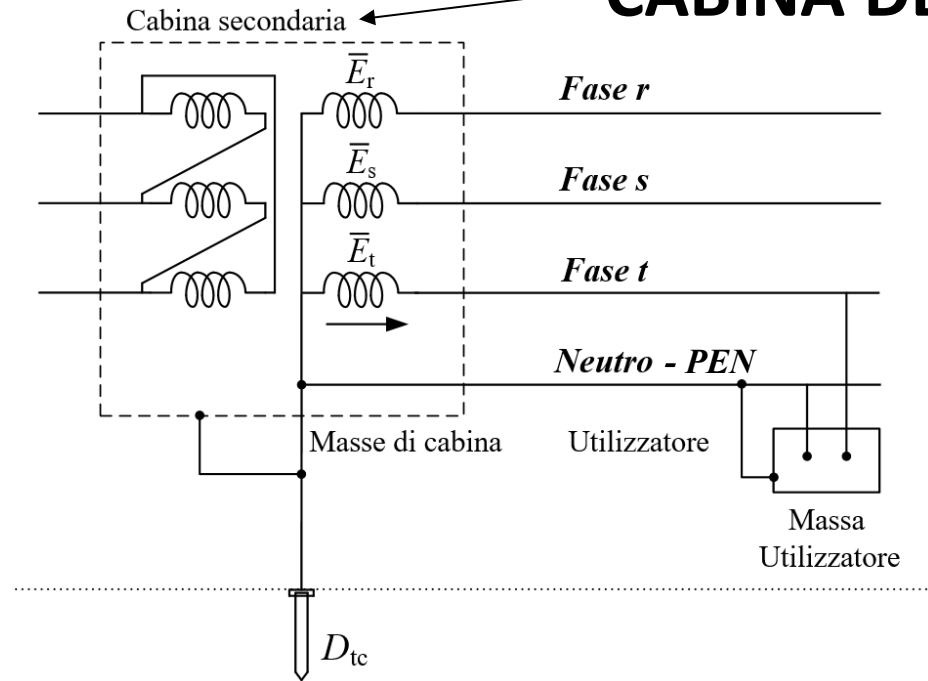


- Il sistema è collegato a terra, tipicamente attraverso **il neutro**

- Le masse sono collegate a terra attraverso un impianto diverso da quello di messa a terra del neutro

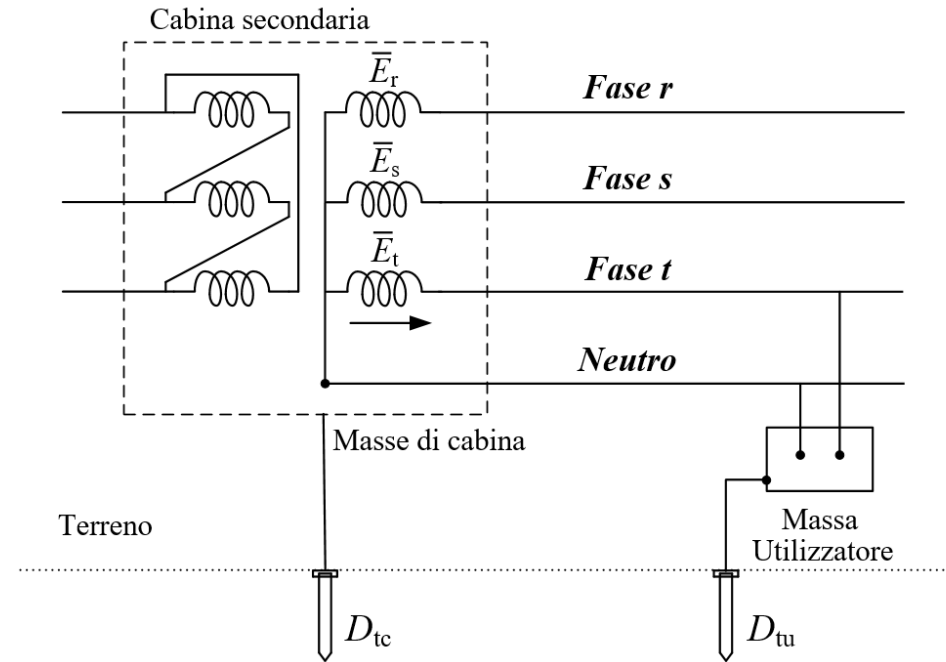
SISTEMA TN-C

CABINA DELL'UTENTE



- Il sistema è collegato a terra, tipicamente attraverso il neutro
- Le masse sono collegate allo stesso sistema di terra tramite il neutro (**PEN**)

SISTEMA IT



- Il neutro è isolato da terra
- Le masse sono collegate a terra

SISTEMI ELETTRICI BT

I quattro sistemi non hanno differenze di funzionamento in regime trifase simmetrico e si comportano diversamente in caso di guasto monofase a terra che causa correnti di guasto e tensioni anomale di entità molto diverse a seconda del sistema

I sistemi vengono scelti in funzione di:

- Continuità del servizio
- Sicurezza

CONTATTI DIRETTI E INDIRECTI

Un contatto diretto è un contatto che una persona può avere con una parte che normalmente è in tensione

Un contatto indiretto è quello che una persona può avere con una massa

Le misure protettive si distinguono in misure che:

- Prevedono l'interruzione automatica dell'alimentazione
- Non prevedono l'interruzione automatica dell'alimentazione

CONTATTO INDIRECTO

CONTATTO DIRETTO

PROTEZIONE CONTATTI INDIRETTI INTERRUZIONE AUTOMATICA DELL'ALIMENTAZIONE (SISTEMI TT)

$$V_{co} \leq U_L$$

$$V_{co} = \frac{R_{tu}}{R_{tc} + R_{tu}} E_0 \rightarrow R_{tu} \leq \frac{U_L}{E_0 - U_L} R_{tc}$$

Poiché tale condizione è spesso difficilmente realizzabile, allora si ricorre all'uso di interruttori differenziali e si deve soddisfare la condizione

$$R_{tu} I_d \leq U_L$$

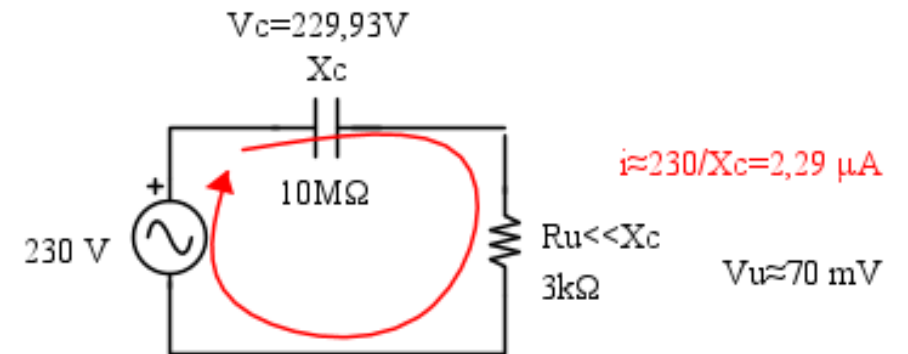
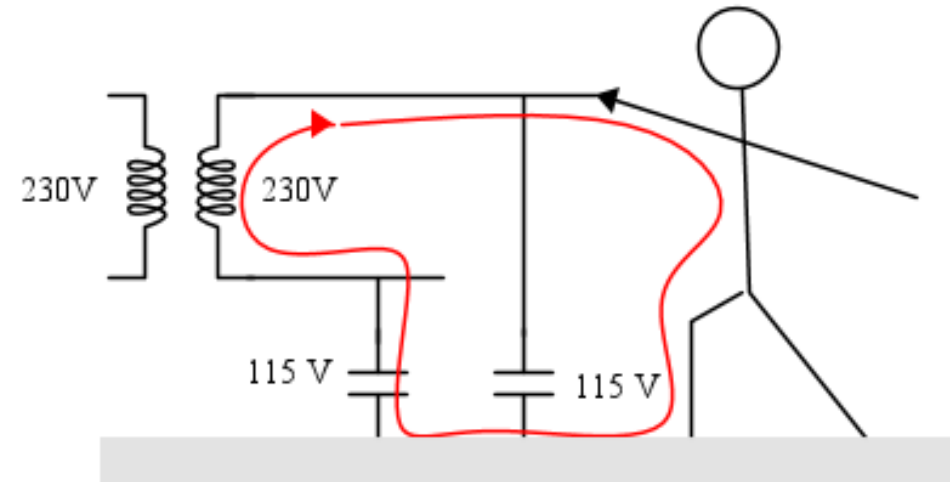
PROTEZIONE CONTATTI INDIRETTI

SENZA INTERRUZIONE DELL'ALIMENTAZIONE

Ottenuta preventivamente in modi diversi:

- Uso di apparecchi a doppio isolamento (classe II)
- Separazione elettrica tra sorgente di alimentazione e impianto utilizzatore
- Utilizzo di locali equipotenziali e non connessi a terra

TRASFORMATORE DI ISOLAMENTO



PROTEZIONE CONTATTI DIRETTI

Vi sono tre tipi di protezione:

- Totale Isolamento delle parti attive, involucri,
barriere, ostacoli, distanziamento
- Parziale
- Addizionale tramite differenziali
ad alta sensibilità (30 o 10 mA)