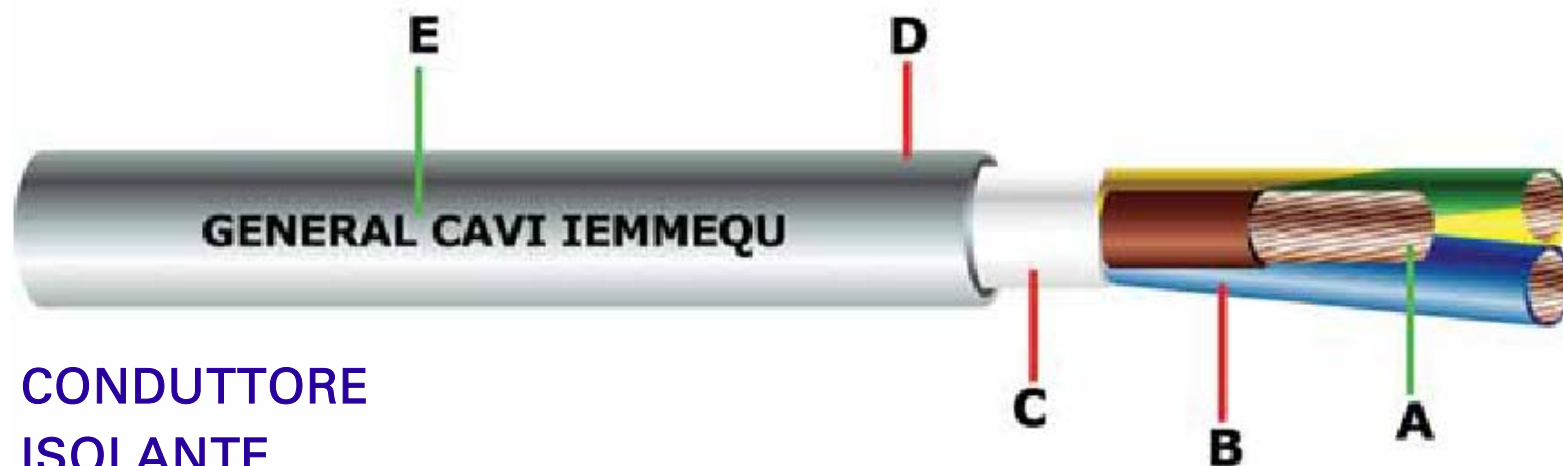


TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE DESIGNAZIONE DEI CAVI ELETTRICI

□ CAVO MULTIPOLARE CON GUAINA



- A CONDUTTORE
- B ISOLANTE
- C RIEMPITIVO
- D GUAINA
- E SIGLA

□ (immagine da catalogo general cavi)

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE DESIGNAZIONE DEI CAVI ELETTRICI

SISTEMA EUROPEO
CENELEC HD361 (CEI 20-27)

Riferimento alle norme

- H Cavo conforme a norme armonizzate
- A Cavo conforme a norme nazionali riconosciute
- N Cavo di tipo nazionale non conforme a norme IEC
- S Cavo non conforme ad una norma speciale
- J Cavo conforme a norme IEC

Tensione Nominale U0/U

- 00 < 100/100 V
- 01 $\geq 100/100$ V e < 300/300 V
- 03 300/300 V
- 05 300/500 V
- 07 450/750 V
- 1 0.6/1 kV

Materiale per l'isolamento e guaina

- B Gomma etilenepropilenica
- E Polietilene
- E2 Polietilene ad alta densità
- E4 Politetrafluoroetilene
- G Etilvinilacetato
- N Policloroprene
- N2 Policloroprene speciale
- N4 Polietilene clorosolfonato
- N5 Gomma nitrilica
- Q Poliuretano
- Q2 Polietilene tereftalato
- Q4 Poliammide
- R Gomma naturale
- S Gomma siliconica
- T Treccia tessile sull'insieme delle anime
- V Polivinilcloruro di qualità comune
- V2 Polivinilcloruro per temperature di 90°C
- V3 Polivinilcloruro per temperature superiori a 70°C
- V4 Polivinilcloruro reticolato
- X Polietilene reticolato

Rivestimento metallico

- A Conduttore concentrico di alluminio
- C Conduttore concentrico di rame
- A7 Schermo di alluminio
- C4 Schermo a treccia di rame sulle anime cordate
- C5 Schermo a treccia di rame sulle singole anime
- C7 Schermo a nastri, piattine o fili di rame

Armature

- Z2 Armatura a fili d'acciaio
- Z3 Armatura a piattine d'acciaio
- Z4 Armatura a nastri d'acciaio
- Z5 Treccia a fili d'acciaio

Forme e costruzioni speciali

- H Costruzione piatta di cavi divisibili
- H2 Costruzione piatta di cavi non divisibili
- H3 Cavo piatto con listello
- H5 Due o più cavi unipolari riuniti a spirale visibile

Grado di flessibilità del conduttore

- F Flessibile per cavi per installazioni mobili (classe 5 IEC 228)
- H Extraflessibile per cavi per installazioni mobili (classe 6 IEC 228)
- K Flessibile per cavi per installazioni fisse (classe 5 IEC 228)
- R Rigido a corda rotonda
- U Rigido rotondo a filo unico
- Z Conduttore di forma e/o materiale speciale

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE DESIGNAZIONE DEI CAVI ELETTRICI

SISTEMA ITALIANO CEI UNEL 35011 seconda edizione

Grado di flessibilità del conduttore

- F Corda flessibile rotonda
- FF Corda extraflessibile rotonda
- R Corda rigida rotonda
- U Filo unico rotondo

Materiali per isolante

- E Polietilene
- E4 Polietilene reticolato
- G1 Gomma naturale e/o sintetica (temperatura caratteristica 85°C)
- G4 Gomma siliconica (temperatura caratteristica 180°C)
- G5 Gomma etilenepropilenica (temperatura caratteristica 90°C)
- G7 Gomma etilenepropilenica ad alto modulo (temp. Caratteristica 85°C)
- G10 Elastomero reticolato a basso sviluppo di fumi e di gas tossici corrosivi (temp. Caratteristica 90°C)
- R Polivinilcloruro qualità T11 e T12 (temp. Caratt. 70°C)
- R2 Polivinilcloruro qualità R2 (temp. Caratt. 80°C)
- R3 Polivinilcloruro qualità PVC/E (temp. Caratt. 105°C) Schermi e conduttori concentrici
- C Conduttore concentrico di rame
- H Schermo di carta metallizzata o in alluminio
- H1 Schermo a nastri o piattine o fili di rame
- H2 Schermo a treccia o calza di rame
- H3 Schermo a doppia treccia di rame

Armature (Rivestimenti metallici)

- A Armatura a treccia (calza) metallica
- F Armatura a fili cilindrici d'acciaio
- N Armatura a nastri d'acciaio
- Z Armatura a piattina d'acciaio

Guaine (Rivestimenti non metallici)

- E Guaina di polietilene qualità EX e ed Ey
- E4 Guaina di polietilene reticolato, qualità E4
- G Guaina di gomma naturale e/o sintetica qualità EM1 e Gy
- K Guaina di policloroprene qualità EM2, Kx e Kn
- M1 Guaina termoplastica a basso sviluppo di gas tossici e corrosivi
- M2 Guaina elastomerica reticolata a basso sviluppo di gas tossici e corrosivi
- R Guaina di polivinilcloruro qualità TM1, TM2 e Rz
- T Treccia tessile

Forma dei cavi

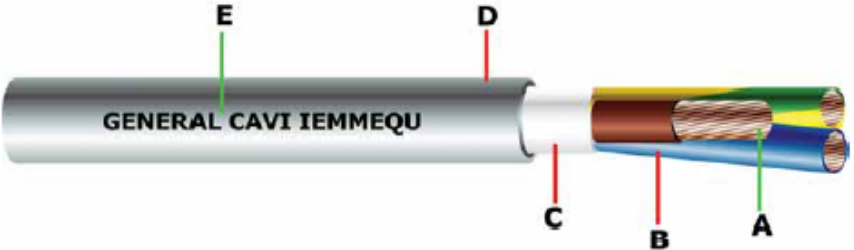
- O Cavo a forma rotonda
- D Cavo a forma appiattita
- X Due o più cavi unipolari riuniti ad elica visibile
- W Anime unite parallele con listello isolante intermedio.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE DESIGNAZIONE DEI CAVI ELETTRICI

CAVO FG70R

CE Conforme ai requisiti essenziali della direttiva
BT 73/23 CEE e 93/68 CEE
Complies with essential directive requirements of
BT 73/23 CEE e 93/68 CEE

CEI 20-13 / 20-22 II / 20-37 pt.2 / 20-52
TABELLE UNEL 35375 - 35376 - 35377



A	Conduttore di rame rosso ricotto o stagnato, a corda flessibile o rigida. Flexible or rigid conductor shall be either of class 5 or 2 CEI 20-29, copper made.
B	Isolamento in HEPR di qualità G7 HEPR insulated G7 quality.
C	Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico Non-fibrous and non-hygroscopic filler
D	Guaina PVC qualità RZ. PVC outer sheath, RZ quality.
E	Marcatura di identificazione. Identification marking.

TENSIONE NOMINALE U_0 / U :

STANDARD VOLTAGE U_0 / U :

0,6/1 KV

TENSIONE MASSIMA U_m :

MAXIMUM VOLTAGE U_m :

1200 V

TEMPERATURA MASSIMA DI ESERCIZIO:

MAXIMUM RATED NORMAL TEMPERATURE:

+90°C

TEMPERATURA MASSIMA DI CORTO CIRCUITO:

MAXIMUM RATED SHORT CIRCUIT TEMPERATURE:

per sezioni fino a 240 mm²
per sezioni oltre 240 mm²

for section below 240 mm²
for section over 240 mm²


+250°C
+220°C

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE DESIGNAZIONE DEI CAVI ELETTRICI

CORDINA UNIPOLARE H07V-K

CE Conforme ai requisiti essenziali della direttiva
BT 73/23 CEE e 93/68 CEE
*Complies with essential directive requirements of
BT 73/23 CEE e 93/68 CEE*

CEI 20-22 II / 20-35 / 20-52 / 20-37 / 2
TABELLA UNEL 35752



A	Conduttore a corda flessibile di rame rosso ricotto. Flexible conductor made up of annealed copper.
B	Isolante in PVC qualità R2. Costruito in doppio strato fino alla sez. 6 mm² PVC insulated, R2 quality, made up of a double layer up to section of 6mm ² .
C	Marcatura di identificazione. Identification marking.

TENSIONE NOMINALE U₀ / U:	STANDARD VOLTAGE U ₀ / U:	450 / 750 V
TEMPERATURA MASSIMA DI ESERCIZIO:	MAXIMUM RATED NORMAL TEMPERATURE:	+70°C (**)
TEMPERATURA MASSIMA DI CORTO CIRCUITO:	MAXIMUM RATED SHORT CIRCUIT TEMPERATURE:	160°C (**)

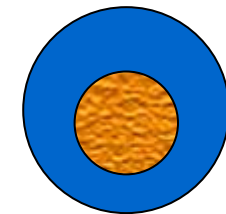
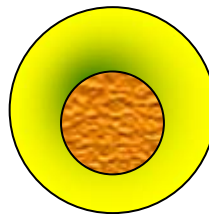
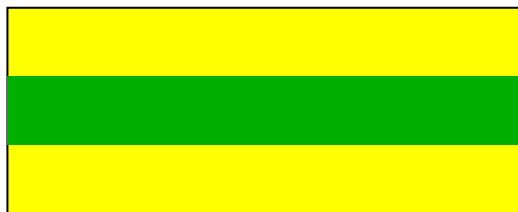
TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE DESIGNAZIONE DEI CAVI ELETTRICI

COLORI PER GLI ISOLANTI DEI CAVI:

OBBLIGATORI :

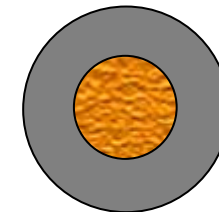
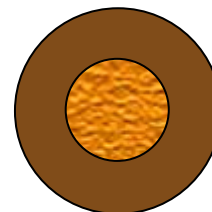
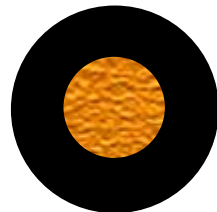
GIALLO-VERDE = PE (TERRA)

AZZURRO = NEUTRO



CONSIGLIATI:

NERO, MARRONE, GRIGIO = FASI



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE DESIGNAZIONE DEI CAVI ELETTRICI

La portata di un cavo in regime permanente dipende da vari fattori, tra cui la sezione, il materiale, la temperatura di funzionamento e lo scambio termico con l'ambiente. Quando il conduttore è percorso da corrente al suo interno si genera calore per la potenza Joule dissipata:

$$P_c = R \cdot I^2 = \frac{\rho \cdot l}{S} \cdot I^2$$

se si indica con:

dW: l'energia termica fornita al corpo nel tempo dt;

P_c : la potenza termica;

θ : la temperatura del corpo;

θ_a : la temperatura dell'ambiente;

$\theta^\Delta = \theta - \theta_a$: la sovratemperatura del corpo rispetto all'ambiente;

C_t : la capacità termica del corpo;

A: la superficie disperdente;

λ : il coefficiente globale di trasmissione.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PORTATA DEI CAVI ELETTRICI

In condizioni di equilibrio termico si può scrivere:

$$P_c \cdot \Delta t = dW_i + dW_c = C_t \cdot d\Theta^\Delta + \lambda \cdot \Theta^\Delta \cdot A \cdot dt$$

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PORTATA DEI CAVI ELETTRICI

In condizioni di equilibrio termico si può scrivere:

$$P_c \cdot \Delta t = dW_i + dW_c = C_t \cdot d\Theta^\Delta + \lambda \cdot \Theta^\Delta \cdot A \cdot dt$$

POTENZA TERMICA FORNITA AL CONDUTTORE

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PORTATA DEI CAVI ELETTRICI

In condizioni di equilibrio termico si può scrivere:

$$P_c \cdot \Delta t = dW_i + dW_c = C_t \cdot d\Theta^\Delta + \lambda \cdot \Theta^\Delta \cdot A \cdot dt$$


ENERGIA IMMAGAZZINATA

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PORTATA DEI CAVI ELETTRICI

In condizioni di equilibrio termico si può scrivere:

$$P_c \cdot \Delta t = dW_i + dW_c = C_t \cdot d\Theta^\Delta + \lambda \cdot \Theta^\Delta \cdot A \cdot dt$$


ENERGIA CEDUTA ALL'AMBIENTE

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PORTATA DEI CAVI ELETTRICI

Da questa si ricava un'equazione differenziale di primo ordine:

$$P_c \cdot \Delta t = dW_i + dW_c = C_t \cdot d\Theta^\Delta + \lambda \cdot \Theta^\Delta \cdot A \cdot dt$$

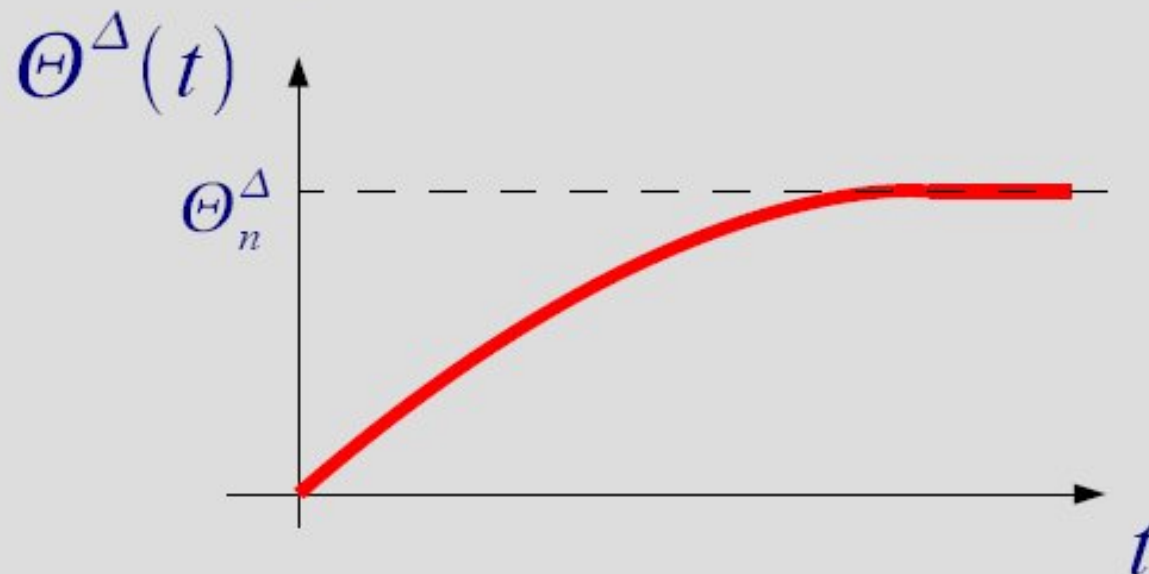
$$\frac{d\Theta^\Delta}{dt} + \frac{\lambda \cdot A}{C_t} \cdot \Theta^\Delta = \frac{P_c}{C_t}$$

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE
PORTATA DEI CAVI ELETTRICI

La cui soluzione è:

$$\Theta^{\Delta}(t) = \frac{P_c}{\lambda \cdot A} \cdot (1 - e^{-t/\tau}) = \Theta_n^{\Delta} \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

con andamento esponenziale crescente



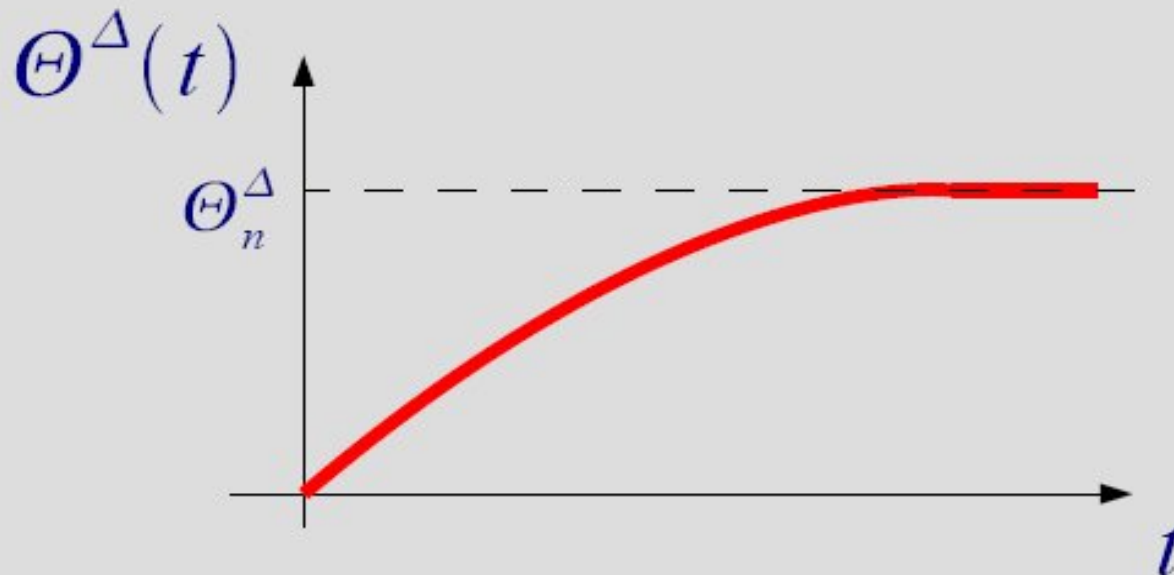
$$\tau = \frac{C_t}{\lambda \cdot A}$$

$$\Theta_n^{\Delta} = \frac{P_c}{\lambda \cdot A}$$

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE
PORTATA DEI CAVI ELETTRICI

Quindi il valore a regime vale:

$$\Theta_n^{\Delta} = \frac{P_c}{\lambda \cdot A} = R_T \cdot P_c = R_T \cdot R \cdot I^2 = R_T \cdot \frac{\rho \cdot L}{S} \cdot I^2$$



$$\Theta_n^{\Delta} = \frac{P_c}{\lambda \cdot A}$$

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PORTATA DEI CAVI ELETTRICI

Allora per un cavo elettrico la portata si ricava da:

dove la temperatura di servizio è stabilita dalle norme tecniche in funzione del materiale e vale:

- 75 °C per isolante in PVC

- 90°C per isolante in gomma EPR.

Esistono tabelle UNEL riportanti le portate lo dei cavi, scelta sezione, materiale isolante e posa riferite a temperatura ambiente

$\Theta_a=30^\circ\text{C}$

$$I_z = \sqrt{\frac{(\Theta_s - \Theta_a) \cdot S}{\rho \cdot R_T \cdot L}} = \sqrt{\frac{(\Theta_s - \Theta_a) \cdot S}{\rho \cdot R'_T}}$$

Temp. servizio Temp. ambiente Sezione

Resistenza termica in km/W – indipendente da L

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PORTATA DEI CAVI ELETTRICI

Cavi non interrati unipolari:

Tabella T-A - cavi unipolari con e senza guaina con isolamento in PVC o EPR (1)																				
Metodologia tipica di installazione	Altri tipi di posa della CEI 64-8	Tipo di isolamento	Numero cond. caricati	Portata [A]																
				Sezione [mm ²]																
				1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Cavi in tubo incassato in parete isolante	1-51-71-73-74	PVC	2	14,5	19,5	26	34	46	61	80	99	119	151	182	210	240	273	320		
			3	13,5	18	24	31	42	56	73	89	108	136	164	188	216	245	286		
			3	19,0	26	36	45	61	81	106	131	158	200	241	278	318	362	424		
		EPR	2	19,0	26	36	45	61	81	106	131	158	200	241	278	318	362	424		
			3	17,0	23	31	40	54	73	95	117	141	179	216	249	285	324	380		
			3																	
Cavi in tubo in aria	3-4-5-22-23 24-31-32-33 34-41-42-72	PVC	2	13,5	17,5	24	32	41	57	76	101	125	151	192	232	269	309	353	415	
			3	12	15,5	21	28	36	50	68	89	110	134	171	207	239	275	314	369	
			2	17	23,0	31	42	54	75	100	133	164	198	253	306	354	402	472	555	
		EPR	3	15	20,0	28	37	48	66	88	117	144	175	222	269	312	355	417	490	
			2	19,5	26	35	46	63	85	112	138	168	213	258	299	344	392	461		
			3	15,5	21	28	36	57	76	101	125	151	192	232	269	309	353	415		
Cavi in aria libera in posizione non a portata di mano	18	PVC	2	19,5	26	35	46	63	85	112	138	168	213	258	299	344	392	461		
			3	15,5	21	28	36	57	76	101	125	151	192	232	269	309	353	415		
			2	24,0	33	45	58	80	107	142	175	212	270	327						
		EPR	3	20,0	28	37	48	71	96	127	157	190	242	293						
			3	19,5	26	35	46	63	85	110	137	167	216	264	308	356	409	485	561	
			3	24	33	45	58	80	107	135	169	207	268	328	383	444	510	607	703	
Cavi in aria libera in piano a contatto	13-14-15-16-17	PVC	2	22	30	40	52	71	96	131	162	196	251	304	352	406	463	546	629	
			3	19,5	26	35	46	63	85	114	143	174	225	275	321	372	427	507	587	
			2	27	37	50	64	88	119	161	200	242	310	377	437	504	575	679	783	
		EPR	3	24	33	45	58	80	107	141	176	216	279	342	400	464	533	634	736	
			2						146	181	219	281	341	396	456	521	615	709		
			3						146	181	219	281	341	396	456	521	615	709		
Cavi in aria libera distanziati su un piano orizzontale (2)	14-15-16	PVC	2																	
			3																	
			2							182	226	275	353	430	500	577	661	781	902	
		EPR	3																	
			2							182	226	275	353	430	500	577	661	781	902	
			3																	
Cavi in aria libera distanziati su piano verticale (2)	13-14-15-16	PVC	2								130	162	197	254	311	362	419	480	569	659
			3								130	162	197	254	311	362	419	480	569	659
			2								161	201	246	318	389	454	527	605	719	833
		EPR	3								161	201	246	318	389	454	527	605	719	833
			2																	
			3																	

(1) PVC: miscela termoplastica a base di polivinilcloruro (temperatura massima del conduttore uguale a 70 °C)

EPR: miscela elastomerica reticolata a base di gomma etilenpropilenica o similari (temperatura massima del conduttore uguale a 90 °C)

(2) I cavi affiancati del singolo circuito trifase si considerano distanziati se posati in modo che la distanza tra di essi sia superiore o uguale al diametro esterno del singolo cavo unipolare.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PORTATA DEI CAVI ELETTRICI

Cavi non interrati:

Tabella T-B: cavi multipolari con isolamento in PVC o EPR (1)

Metodologia tipica di installazione	Altri tipi di posa della CEI 64-8	Tipo di isolamento	Numero cond. caricati	Portata [A]																
				Sezione [mm ²]																
				1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Cavo in tubo incassato in parete isolante	2-51-73-74	PVC	2		14,0	18,5	25	32	43	57	75	92	110	139	167	192	219	248	291	334
			3		13,0	17,5	23	29	39	52	68	83	99	125	150	172	196	223	261	298
	EPR	2		18,5	25,0	33	42	57	76	99	121	145	183	220	253	290	329	386	442	
		3		16,5	22,0	30	38	51	68	89	109	130	164	197	227	259	295	346	396	
Cavo in tubo in aria	3A-4A-5A-21 22A-24A-25	PVC	2	13,5	16,5	23,0	30	38	52	69	90	111	133	168	201	232	258	294	344	394
			3	12,0	15,0	20,0	27	34	46	62	80	99	118	149	176	206	225	255	297	339
	33A-31-34A 43-32	EPR	2	17,0	22,0	30,0	40	51	69	91	119	146	175	221	265	305	334	384	459	532
			3	15,0	19,5	26,0	35	44	60	80	105	128	154	194	233	268	300	340	398	455
Cavo in aria libera, distanziato dalla parete/soffitto o su passerella	13-14-15-16-17	PVC	2	15,0	22,0	30,0	40	51	70	94	119	148	180	232	282	328	379	434	514	593
			3	13,6	18,5	25,0	34	43	60	80	101	126	153	196	238	276	319	364	430	497
	EPR	2	19,0	26,0	36,0	49	63	86	115	149	185	225	289	352	410	473	542	641	741	
		3	17,0	23,0	32,0	42	54	75	100	127	158	192	246	298	346	399	456	538	621	
Cavo in aria libera, fissato alla parete/soffitto	11-11A-52- 53-12	PVC	2	15,0	19,5	27,0	36	46	63	85	112	138	168	213	258	299	344	392	461	530
			3	13,5	17,5	24,0	32	41	57	76	96	119	144	184	223	259	299	341	403	464
	EPR	2	19,0	24,0	33,0	45	58	80	107	138	171	209	269	328	382	441	506	599	693	
		3	17,0	22,0	30,0	40	52	71	96	119	147	179	229	278	322	371	424	500	576	

(1) PVC: miscela termoplastica a base di polivinilcloruro (temperatura massima del conduttore uguale a 70 °C)

EPR: miscela elastomerica reticolata a base di gomma etilenpropilenica o similari (temperatura massima del conduttore uguale a 90 °C)

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PORTATA DEI CAVI ELETTRICI

Cavi interrati:

Tabella T-E : cavi unipolari con e senza guaina e cavi multipolari (1)

Metodologia tipica di installazione	Altri tipi di posa della CEI 64-8	Tipo di isolam.	N. cond.	Portata [A]																		
				Sezione [mm ²]																		
				1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630
cavi unipolari in tubi interrati a contatto (1 cavo per tubo)	PVC		2	22	29	38	47	63	82	105	127	157	191	225	259	294	330	386				
			3	20	26	34	43	57	74	95	115	141	171	201	231	262	293	342				
	EPR		2	26	34	44	54	73	95	122	148	182	222	261	301	343	385	450	509	592	666	759
			3	23	31	40	49	67	85	110	133	163	198	233	268	304	340	397	448	519	583	663
cavi unipolari in tubo interrato	61	PVC	2	21	27	36	45	61	78	101	123	153	187	222	256	292	328	385				
			3	18	23	30	38	51	66	86	104	129	158	187	216	246	277	325				
	EPR		2	24	32	41	52	70	91	118	144	178	218	258	298	340	383	450	510	595	671	767
			3	21	27	35	44	59	77	100	121	150	184	217	251	287	323	379	429	500	565	645
cavi multipolari in tubo interrato	61	PVC	2	19	25	33	41	56	73	94	115	143	175	208	240	273	307	360				
			3	16	21	28	35	47	61	79	97	120	148	175	202	231	259	304				
	EPR		2	23	30	39	49	66	86	111	136	168	207	245	284	324	364	428				
			3	19	25	32	41	55	72	93	114	141	174	206	238	272	306	360				

(1) PVC: miscela termoplastica a base di polivinilcloruro (temperatura massima del conduttore uguale a 70°C; EPR: miscela elastomerica reticolata a base di gomma etilenpropilenica o similari (temperatura massima del conduttore uguale a 90°C)

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PORTATA DEI CAVI ELETTRICI

Per ottenere la portata reale di un cavo posto in determinate condizioni fisiche e ambientali si applicano coefficienti correttivi, uno in ragione della temperatura ambiente:

Fattori di correzione della portata per pose in aria - Temperatura ambiente diversa da 30°C
Carrying capacities correction factors for air laying - Environment temperature different from 30°C

Temp amb. (°C) <i>Env. Temp.</i>	PVC	XLPE / EPR / HEPR
10	1.22	1.15
15	1.17	1.12
20	1.12	1.08
25	1.06	1.04
35	0.94	0.96
40	0.87	0.91
45	0.79	0.87
50	0.71	0.82
55	0.61	0.76
60	0.50	0.71
65	-	0.65

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PORTATA DEI CAVI ELETTRICI

Per ottenere la portata reale di un cavo posto in determinate condizioni fisiche e ambientali si applicano coefficienti correttivi, uno in ragione della temperatura ambiente:

Fattori di correzione della portata per pose interrato- Temperatura ambiente diversa da 30 °C
Carrying capacities correction factors in ground - Environment temperature different from 30 °C

Temp amb. (°C) <i>Env.Temp.</i>	PVC	XLPE / EPR
10	1.10	1.07
15	1.05	1.04
25	0.95	0.96
30	0.89	0.93
35	0.84	0.89
40	0.77	0.85
45	0.71	0.80
50	0.63	0.76
55	0.55	0.71
60	0.45	0.65
65	-	0.60

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PORTATA DEI CAVI ELETTRICI

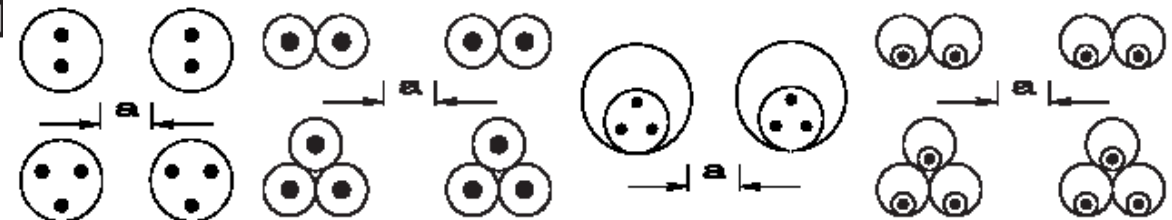
E' uno dipendente dalla posa e dalla presenza di altri conduttori caricati:

	Fattori di correzione per circuiti realizzati per cavi installati a fascio o strato Correction factors for loom or layer installed cables (CEI - UNEL 35024/1 : 1997-06)											
	Numero di circuiti o cavi multipolari Circuits number or single core cable number											
Disposizione (cavi a contatto) Disposition	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
Raggruppati a fascio, annegati Loom collected, drowned	1.00	0.80	0.70	0.65	0.60	0.57	0.54	0.52	0.50	0.45	0.41	0.38
Singolo strato su muro, pavimento o passerella non perforata Single layer on wall, floor or not pierced gangway	1.00	0.85	0.79	0.75	0.73	0.72	0.72	0.71	0.70	Nessuna ulteriore riduzione per più di 9 circuiti o cavi multipolari None decrease for more than 9 circuits or multicore cables		
Strato a soffitto Ceiling layer	0.95	0.81	0.72	0.68	0.66	0.64	0.63	0.62	0.61			
Strato su passerelle perforate orizzontali o verticali (perforate o non) Pierced gangway layer (horizontal or vertical, pierced or not)	1.00	0.88	0.82	0.77	0.75	0.73	0.73	0.72	0.72			
Strato su scala posacavi o graffato ad un sostegno Layer on laying cables stairs	1.00	0.87	0.82	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78			

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PORTATA DEI CAVI ELETTRICI

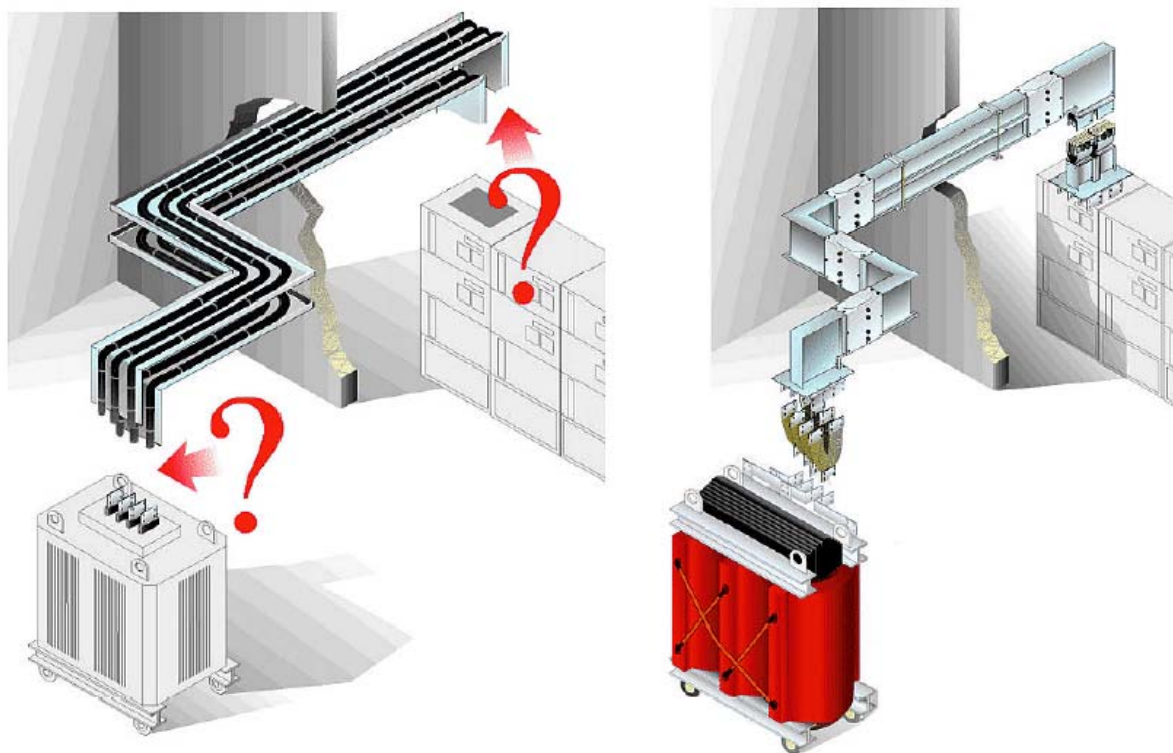
Fattori di correzione per pose ravvicinate in terra Correction factors for in ground brought closer lay					
Numero dei circuiti Circuits number	Distanza tra i cavi (a)* Cables distance				
	nulla - none	% Ø cavo - % Ø cable	0.125 m	0.25 m	0.5 m
2	0.75	0.80	0.85	0.90	0.90
3	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85
4	0.60	0.60	0.70	0.75	0.80
5	0.55	0.55	0.65	0.70	0.80
6	0.50	0.55	0.60	0.70	0.80

Fattori di correzione per pose ravvicinate in terra Correction factors for in ground brought closer lay									
Numero dei cavi Cables number	Distanza tra i cavi (a)** Cables distance				Numero di circuiti unipolari (2 o 3 cavi) Single core circuits number	Distanza tra i cavi (a)*** Cables distance			
	nulla - none	0.25	0.5	1.0		nulla - none	0.25	0.5	1.0
2	0.85	0.90	0.95	0.95	2	0.80	0.60	0.90	0.95
3	0.75	0.85	0.90	0.95	3	0.70	0.60	0.85	0.90
4	0.70	0.80	0.85	0.85					
5	0.65	0.80	0.85	0.85					
6	0.60	0.80	0.80	0.80					

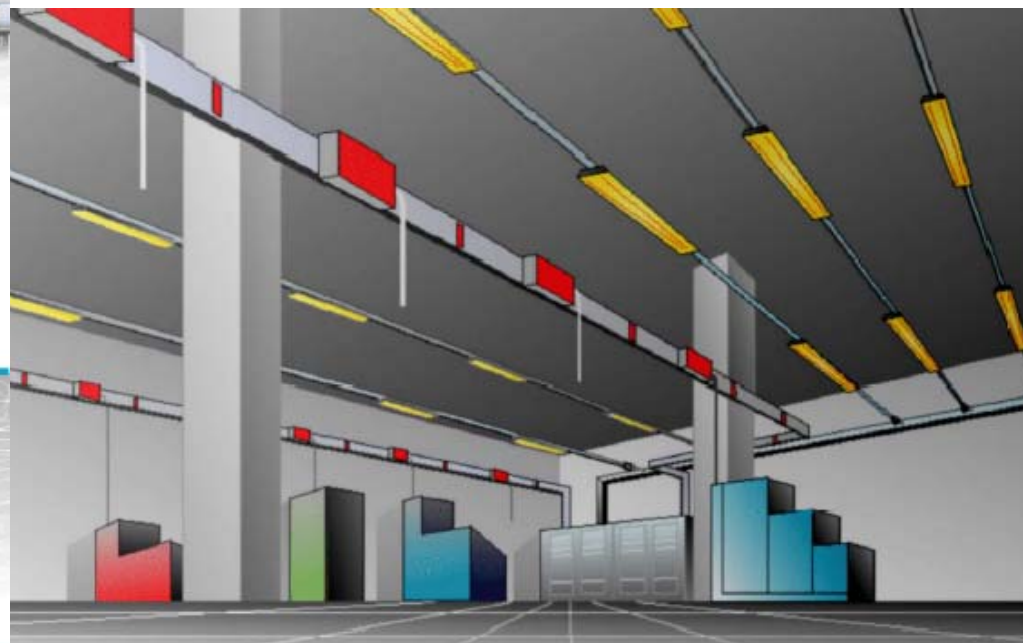
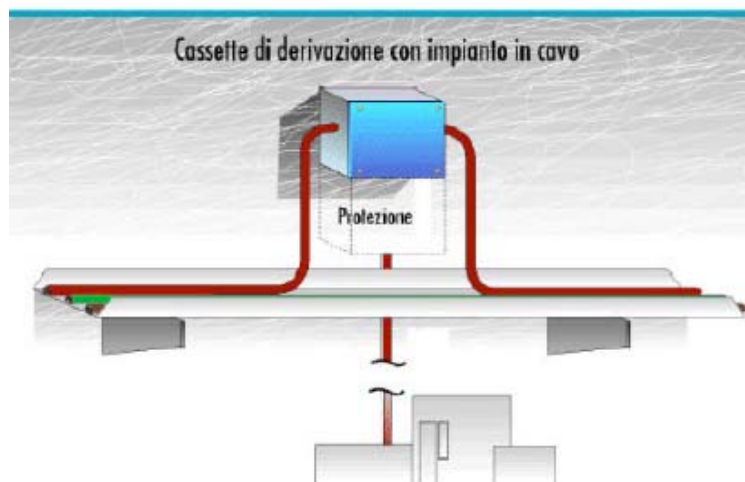
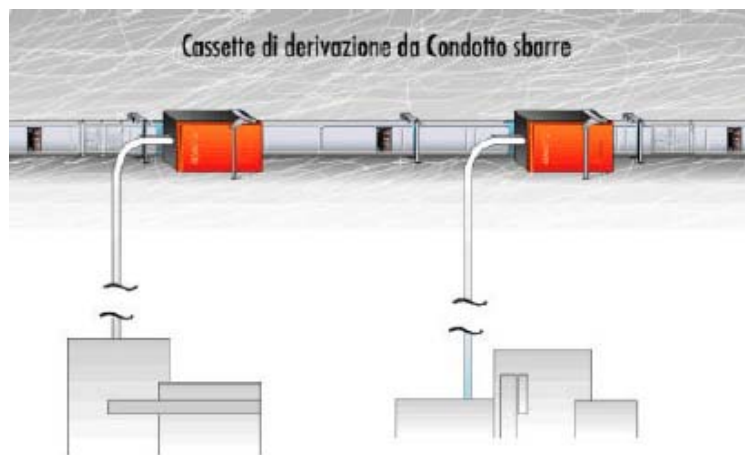


TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE CONDOTTI A SBARRE

In alternativa ai cavi posti su passerella vi sono i condotti a sbarre prefabbricati



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE CONDOTTI A SBARRE



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE CALCOLO DELLE LINEE ELETTRICHE

CRITERIO DELLA PERDITA DI POTENZA AMMISSIBILE-Linea
trifase:

$$\Delta p = 3 \cdot R_l \cdot I^2$$

$$R_l = \frac{\rho \cdot L}{S} \quad I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi}$$

$$\Delta p = \frac{\cancel{3} \cdot \rho \cdot L \cdot P^2}{S \cdot \cancel{3} \cdot V^2 \cdot \cos^2 \phi} \rightarrow S = \frac{\rho \cdot L \cdot P^2}{\Delta p \cdot V^2 \cdot \cos^2 \phi}$$

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE CALCOLO DELLE LINEE ELETTRICHE

CRITERIO DELLA TEMPERATURA AMMISSIBILE:

in sostanza si utilizza lo stesso ragionamento fatto per il calcolo della portata risolvendo però l'equazione in S

$$\Theta_n^{\Delta} = (\Theta_s - \Theta_a) = \frac{P_c}{\lambda \cdot A} = R_T \cdot R \cdot I^2 = R_T \cdot \frac{\rho \cdot L}{S} \cdot I^2$$

$$S = \frac{I^2 \cdot \rho \cdot R'_T}{(\Theta_s - \Theta_a)}$$

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE CALCOLO DELLE LINEE ELETTRICHE

CRITERIO DELLA CADUTA DI TENSIONE AMMISSIBILE:

Dalla formula della caduta di tensione industriale si risolve in S:

$$\Delta E = I \cdot L \cdot (r_l \cdot \cos \phi + x_l \cdot \sin \phi)$$

$$\Delta E = (R_l \cdot I \cdot \cos \phi + x_l \cdot L \cdot I \cdot \sin \phi)$$

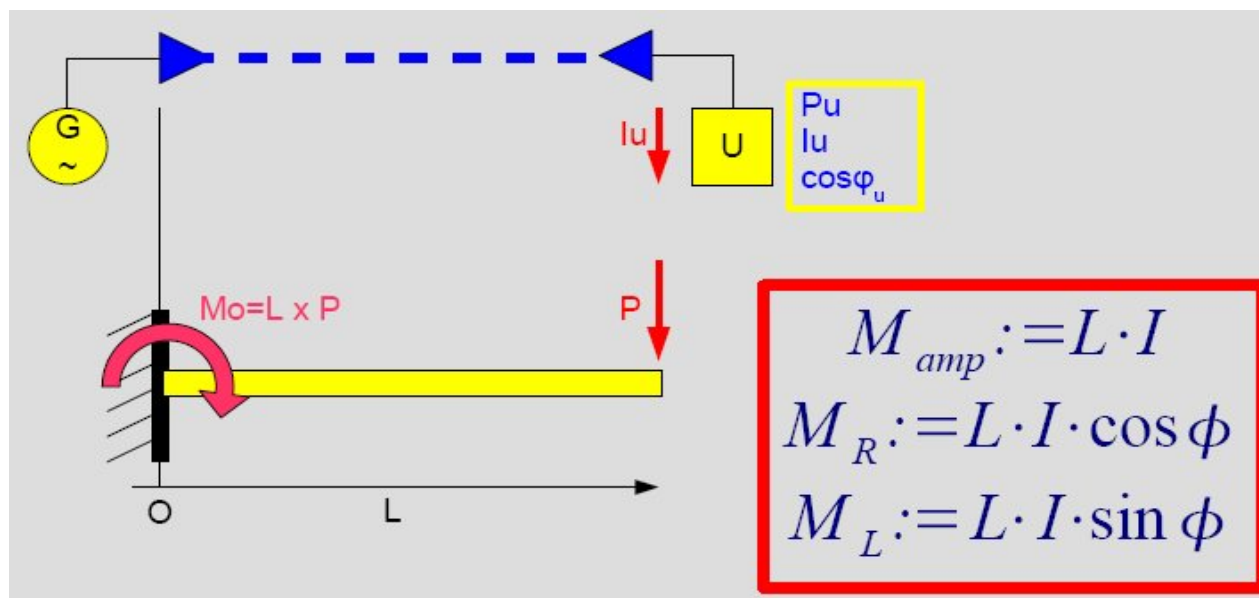
$$\Delta E = \left(\frac{\rho \cdot L}{S} \cdot I \cdot \cos \phi + x_l \cdot L \cdot I \cdot \sin \phi \right)$$

$$S = \frac{\rho \cdot L \cdot I \cdot \cos \phi}{\Delta E - x_l \cdot L \cdot I \cdot \sin \phi}$$

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE CALCOLO DELLE LINEE ELETTRICHE

MOMENTI AMPEROMETRICI:

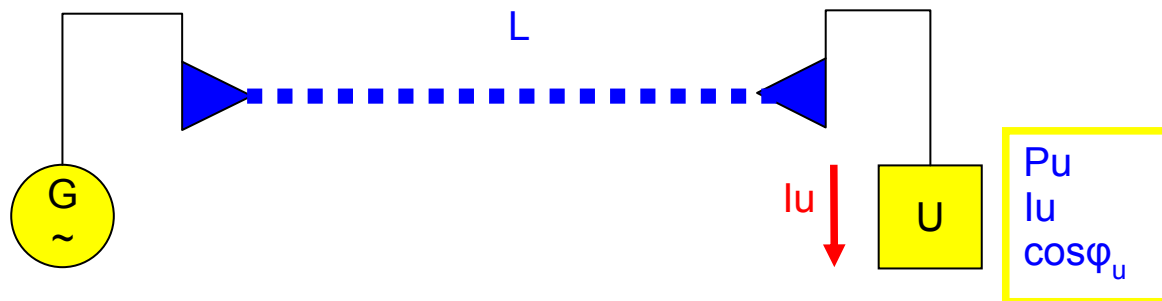
Data una linea caricata all'estremità (qui rappresentata con schema unifilare), per analogia con lo studio della statica si definisce **MOMENTO AMPEROMETRICO** il prodotto $L \times I$, distinguendo le componenti ohmica e reattiva:



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE CALCOLO DELLE LINEE ELETTRICHE

MOMENTI AMPEROMETRICI:

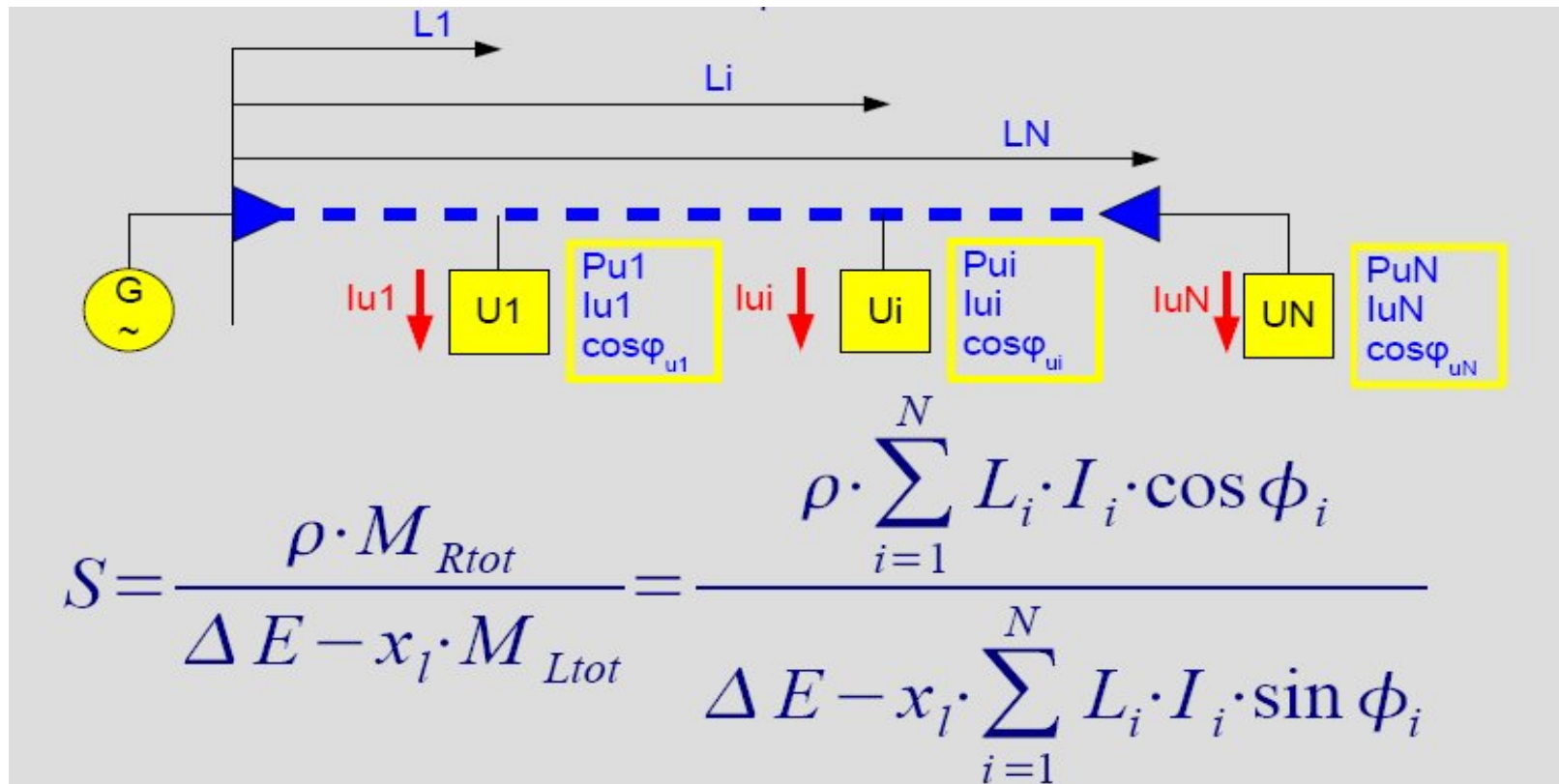
Allora il calcolo della tensione in funzione della caduta di
Tensione può essere riscritto:



$$S = \frac{\rho \cdot L \cdot I \cdot \cos \phi}{\Delta E - x_l \cdot L \cdot I \cdot \sin \phi} = \frac{\rho \cdot M_R}{\Delta E - x_l \cdot M_L}$$

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE LINEA CON CARICHI DISTRIBUITI

Questo metodo consente di dimensionare rapidamente linee dorsali con carichi distribuiti:



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI

Si definiscono SOVRACORRENTI tutte quelle correnti che passano in un conduttore, di valore superiore alla sua portata.

In particolare si distinguono due tipi di sovracorrenti:

- ❑ correnti di SOVRACCARICO
- ❑ correnti di CORTOCIRCUITO

Le sovracorrenti sono dannose per i cavi elettrici e i loro effetti variano dall'invecchiamento precoce dell'isolante fino alla distruzione immediata dello stesso.

Per proteggere i conduttori dalle sovracorrenti bisogna disporre in serie a queste delle PROTEZIONI ovvero dei dispositivi in grado di rilevarle e interromperle in modi e tempi stabiliti.

Prima di studiare le protezioni è necessario però studiare analiticamente le sovracorrenti.

SOVRACCARICO

La corrente di sovraccarico per un cavo è quella corrente, di entità superiore alla portata in regime permanente (eventualmente corretta), in grado, se non interrotta, di portare l'isolante ad una temperatura che ne determina la diminuzione del tempo di vita (invecchiamento precoce).

La sua entità tuttavia non è così elevata da rendere trascurabile lo scambio di calore tra conduttore ed ambiente (come per le correnti di cortocircuito per le quali il fenomeno è adiabatico) e l'andamento della temperatura è governato da un transitorio del primo ordine.

SOVRACCARICO

Il calore generato durante un sovraccarico viene in parte accumulato per capacità termica e in parte trasmesso all'ambiente, per cui come per il calcolo della portata possiamo ancora scrivere:

$$P_c \cdot \Delta t = dW_i + dW_c = C_t \cdot d\Theta^\Delta + \lambda \cdot \Theta^\Delta \cdot A \cdot dt$$

da cui si ha ancora la seguente ode, ovviamente saranno diverse le condizioni iniziali:

$$\frac{d\Theta^\Delta}{dt} + \frac{\lambda \cdot A}{C_t} \cdot \Theta^\Delta = \frac{P_c}{C_t}$$

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE
SOVRACORRENTI

La cui soluzione generale è:

$$\Theta^{\Delta}(t) = \left(C \cdot e^{-t/\tau} + \frac{P_c}{\lambda \cdot A} \right)$$

con

$$\Theta^{\Delta}(t) = \Theta(t) - \Theta_a$$

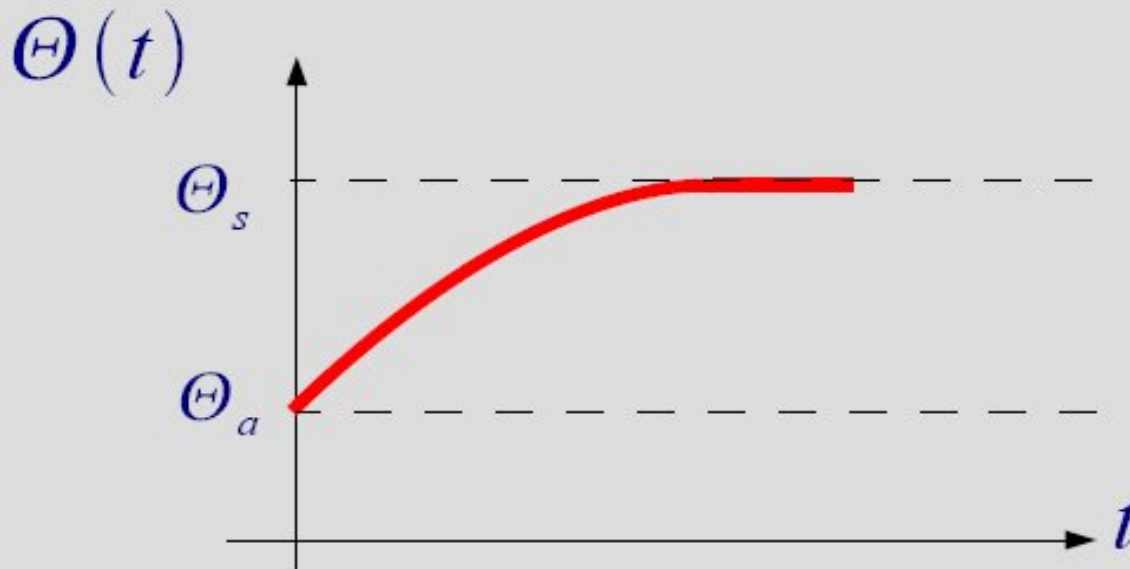
$$\tau = \frac{C_t}{\lambda \cdot A}$$

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI

SENZA SOVRACCARICO: se per $t=0$ $\theta(0) = \theta_a$ allora $C = -P_c/\lambda A$, l'equazione diviene:

$$\Theta(t) = \Theta_a + \frac{P_c}{\lambda \cdot A} \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

P_c è un valore di servizio dovuto alla corrente di valore minore o uguale alla portata. Il conduttore raggiunge quindi la temperatura θ_s di servizio.



$$\Theta_s - \Theta_a = \frac{P_c}{\lambda \cdot A}$$

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI

CON SOVRACCARICO: se invece per $t=0$ $\theta(0) = \theta_s$ allora $C = \theta_s - \theta_a - P'c/\lambda A$, l'equazione diviene ($P'c$ è un valore di sovraccarico dovuto alla corrente di sovraccarico):

$$\begin{aligned} \Theta^\Delta(t) &= \Theta(t) - \Theta_a = \dots \\ \dots &= \left(\Theta_s - \Theta_a - \frac{P'_c}{\lambda \cdot A} \right) \cdot e^{-t/\tau} + \frac{P'_c}{\lambda \cdot A} \end{aligned}$$

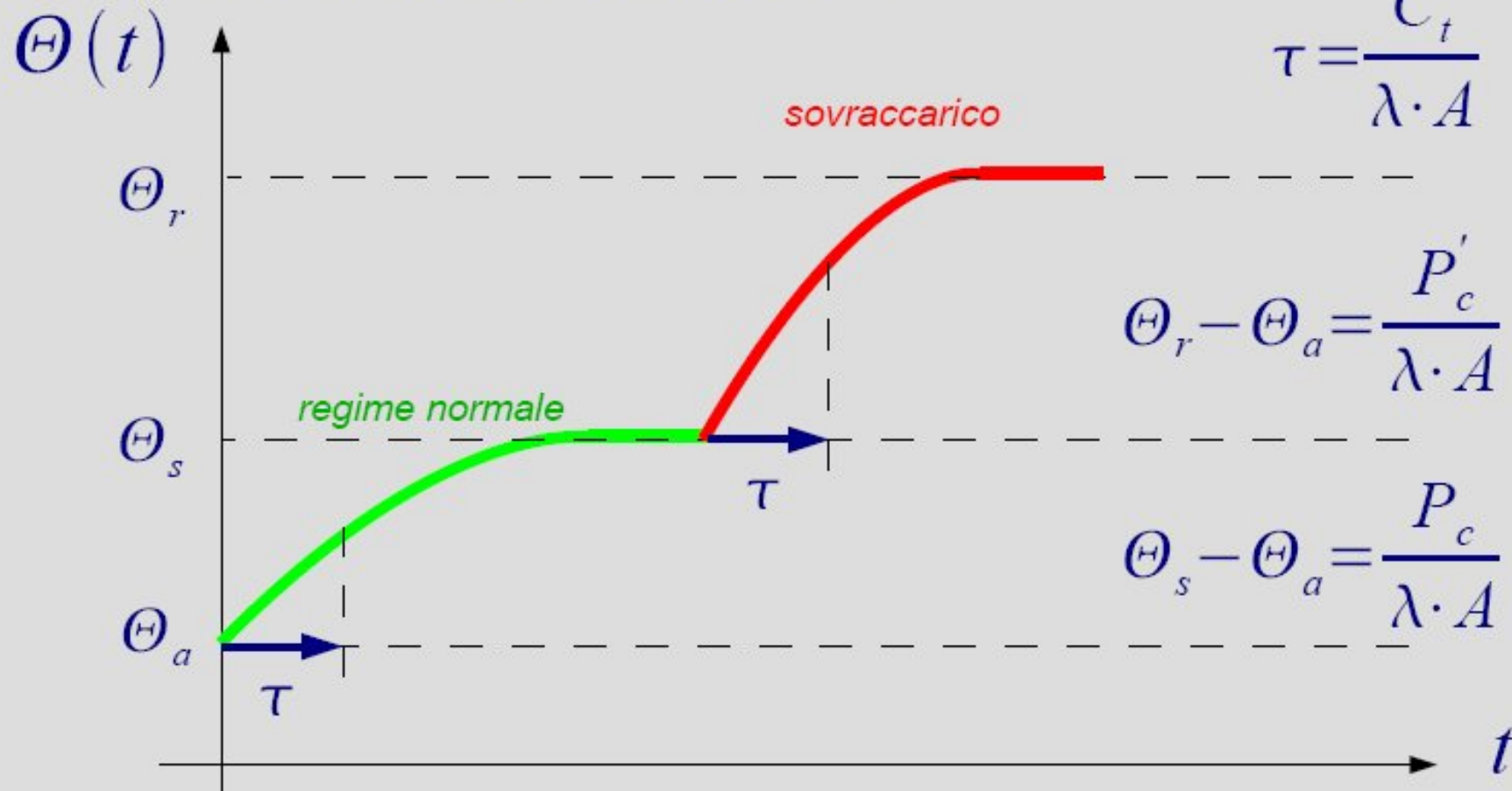
Allora indicando con θ_r la temperatura raggiunta in regime di sovraccarico per $t \rightarrow \infty$ si ha $\theta_r - \theta_a = P'c/\lambda A$. Sostituendo tale espressione si ottiene:

$$\Theta(t) - \cancel{\Theta_a} = \left(\Theta_s - \cancel{\Theta_a} - \Theta_r + \cancel{\Theta_a} \right) \cdot e^{-t/\tau} + \Theta_r - \cancel{\Theta_a}$$

$$\Theta(t) = \Theta_r - (\Theta_r - \Theta_s) \cdot e^{-t/\tau}$$

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI

Complessivamente rappresentando in un solo grafico il raggiungimento della temperatura di servizio e il riscaldamento dovuto a un sovraccarico si ha:



SOVRACCARICO - CONCLUSIONI

Fissati temperatura ambiente materiali e geometria del problema, il tempo di raggiungimento di una determinata temperatura e il valore finale dipendono dall'entità della corrente.

La protezione ha dunque il compito di valutare tempo di permanenza e entità della corrente di sovraccarico e di interromperla quando queste conducano alla soglia della temperatura limite accettabile.

SOVRACCARICO - CONCLUSIONI

La temperatura limite accettabile è quella che determina, in un singolo episodio, la riduzione dello 0,1% della vita del cavo. (si valuta che complessivamente 100 episodi di sovraccarico non debbano diminuire la vita del cavo per più del 10%).

La protezione deve avere quindi una caratteristica d'intervento tempo-corrente "tempo dipendente" del tipo "a tempo inverso".

CORTOCIRCUITO

La corrente di cortocircuito per un cavo è quella corrente, di entità molto superiore alla portata in regime permanente, in grado, se non interrotta tempestivamente, di portare l'isolante ad una temperatura che ne determina il rapido e irreparabile deterioramento. I valori delle correnti di c. sono tali da rendere notevoli anche gli sforzi elettrodinamici tra i conduttori.

La sua entità è così elevata e i suoi effetti così rapidi da rendere trascurabile lo scambio di calore tra conduttore ed ambiente. Il fenomeno di riscaldamento è adiabatico, ed è legato all'accumulo di calore (sviluppato per effetto joule) secondo la capacità termica del cavo.

CORTOCIRCUITO

La temperatura raggiunta dal cavo durante il c. fissati materiale, temperatura iniziale e geometria del problema dipende dalla quantità di energia sviluppata nel conduttore per effetto joule nell'intervallo di tempo considerato.

La protezione ha dunque il compito di contenere l'energia termica trasferita al cavo nell'intervallo di tempo che intercorre tra l'inizio del c. e l'interruzione della corrente. Le strategie per farlo sono: ridurre al minimo il tempo d'interruzione, limitare la corrente durante il cortocircuito

La protezione deve avere quindi una caratteristica d'intervento istantanea "tempo indipendente".

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI - CORTOCIRCUITO

In un impianto elettrico possono verificarsi diversi tipi di cortocircuiti caratterizzati da :

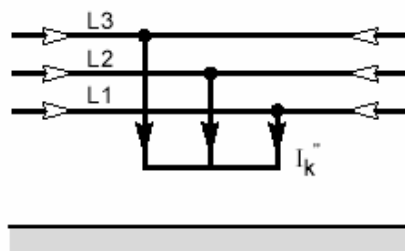
- ❑ durata (autoestinguenti, transitori o stazionari)
- ❑ origine:
- ❑ meccanica, per guasti o contatti accidentali tra conduttori attraverso un corpo estraneo conduttore.
- ❑ sovratensioni interne o atmosferiche
- ❑ rottura dell'isolamento.
- ❑ localizzazione (interna o esterna ad un macchinario o a un quadro elettrico)

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI - CORTOCIRCUITO

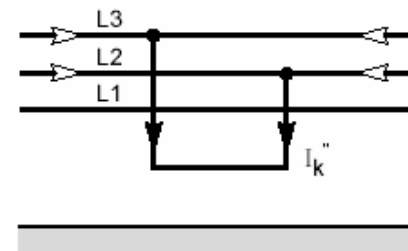
I cortocircuiti si possono stabilire tra:

- ❑ fase-neutro e fase-terra (80% dei casi)
- ❑ fase-fase (15% dei casi)
- ❑ trifase (5% dei casi)

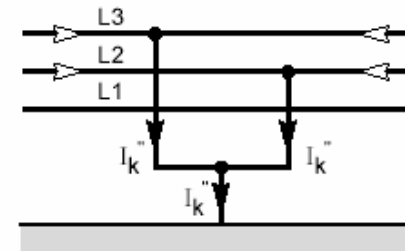
cortocircuito trifase



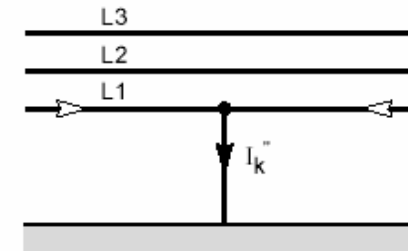
cortocircuito fase-fase



cortocircuito fase-fase-terra



cortocircuito fase-terra



corrente di cortocircuito
 porzione della corrente di cortocircuito

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI - CORTOCIRCUITO

Le correnti di cortocircuito devono essere calcolate in ogni punto dell'installazione allo scopo di determinare le caratteristiche dei dispositivi richiesti per interromperle.

E' necessario calcolare in particolare due valori delle correnti di c.c. riguardo ad una sezione di impianto :

Il valore massimo, usato per determinare:

- ❑ il potere d'interruzione degli interruttori
- ❑ il potere di chiusura degli interruttori
- ❑ gli sforzi elettrodinamici nei componenti percorsi da corrente

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI - CORTOCIRCUITO

Il valore minimo, per scegliere correttamente le curve d'intervento di interruttori e fusibili, in particolare quando:

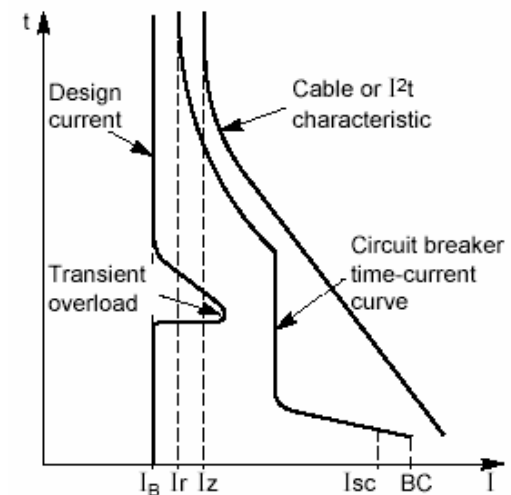
- ❑ le linee sono lunghe, e/o la sorgente ha un'impedenza relativamente alta (come gruppi elettrogeni, UPS e similari).
- ❑ la protezione dai contatti indiretti dipende dall'intervento degli interruttori o fusibili, come nel caso dei sistemi TN e IT.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI - CORTOCIRCUITO

Normalmente la corrente di c.c. minima corrisponde a quella instaurata alla fine di una linea protetta, generalmente fase-terra o fase-fase.

In ogni caso il dispositivo di protezione dovrà interrompere la corrente di cortocircuito in un tempo t_i compatibile con lo stress termico sopportabile dal cavo protetto.

Ciò è sintetizzato nel seguente diagramma:



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI - CORTOCIRCUITO

Studio del transitorio nel caso di guasto lontano dai generatori

Nello studio seguente si assume l'ipotesi fondamentale di: guasto lontano dai generatori.

È il caso che si incontra più spesso nelle reti; la lontananza non implica necessariamente lontananza geografica, ma sottintende che le impedenze dei generatori siano inferiori alle impedenze dei collegamenti tra questi ultimi ed il punto di guasto.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI - CORTOCIRCUITO

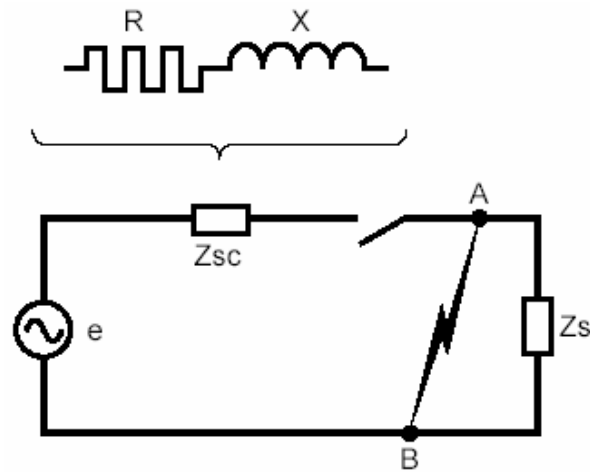
Studio del transitorio nel caso di guasto lontano dai generatori

Il regime transitorio è quello risultante dall'applicazione ad un circuito ohmico induttivo di una tensione sinusoidale.

Per studiare il transitorio di corrente di cortocircuito si può utilizzare un circuito equivalente semplificato. In esso compare una sorgente sinusoidale costante " e ", un'impedenza " Z_{sc} " che comprende l'equivalente di tutte le impedenze (rete a monte, trafo, linea,...) poste a monte dell'interruttore, e un'impedenza " Z_s " che rappresenta il carico alimentato.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI - CORTOCIRCUITO

L'interruttore è chiuso, la linea è percorsa dalla corrente di impiego e il carico è alimentato, in seguito, tra i punti A-B si manifesta un cortocircuito "franco" ovvero a impedenza trascurabile.



Non conoscendo a priori l'istante di stabilimento del cortocircuito la tensione impressa "e" viene espressa come:

$$e(t) = \hat{E} \cdot \cos(\omega \cdot t + \gamma)$$

dove l'angolo γ rappresenta la fase di $e(t)$ all'inizio del transitorio.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI - CORTOCIRCUITO

Lo studio del transitorio può essere condotto in vari modi.

❑ Per via analitica:

si scrive l'equazione differenziale relativa alla maglia

$$\frac{d}{dt} \cdot i_L(t) = -\frac{R}{L} \cdot i_L(t) - \frac{1}{L} \cdot (\hat{E} \cdot \cos(\omega \cdot t + \gamma))$$

e si prosegue con la soluzione tradizionale che porta all'integrale generale,

❑ e poi allo specifico integrale particolare.

Si potrebbe risolvere l'equazione anche passando attraverso la trasformata di Laplace.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI - CORTOCIRCUITO

Per semplicità si riporta direttamente la soluzione:

$$i_L(t) = \hat{I}_p \cdot \sin(\phi - \gamma) \cdot e^{-\frac{R}{L} \cdot t} + \hat{I}_p \cdot \sin(\omega \cdot t + \gamma - \phi)$$

come si vede la corrente di cortocircuito si compone di due termini, uno di tipo unidirezionale transitorio, e uno di tipo simmetrico permanente. Il secondo termine, detto anche "*componente simmetrica*" rappresenta la corrente di cortocircuito che si stabilisce nella maglia una volta esauriti i termini transitori.

Il suo valore efficace è:

$$I_p = \frac{\hat{I}_p}{\sqrt{2}} = \frac{\hat{E}}{\sqrt{2} \cdot Z_{sc}}$$

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI - CORTOCIRCUITO

Il primo termine, detto “*unidirezionale*” è invece governato da un esponenziale decrescente con costante di tempo L/R ,

$$\tau = \frac{L}{R}$$

e con valore massimo legato al termine:

$$\sin(\phi - \gamma)$$

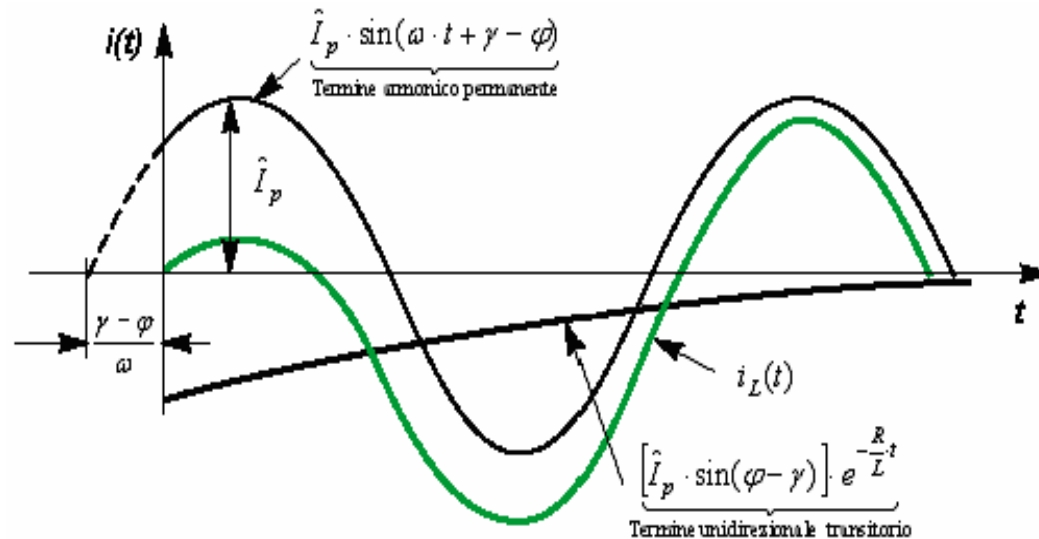
per cui:

- la sua rapidità di estinzione dipende dalla costante di tempo L/R (tanto più è piccola tanto più rapidamente si estingue il transitorio)
- il suo valore iniziale dipende dalla differenza tra l'angolo caratteristico del circuito in corto ϕ , e l'angolo γ che rappresenta la fase di $e(t)$ all'inizio del transitorio.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI - CORTOCIRCUITO

Complessivamente il transitorio si presenta come segue:

Da quanto esposto si evince che, la componente unidirezionale può avere profili diversi in funzione del termine $\sin(\varphi-\gamma)$.



- Riguardo al segno si possono allora distinguere allora tre casi:
- 1) $\sin(\varphi-\gamma)>0$: la corrente unidirezionale è positiva.
- 2) $\sin(\varphi-\gamma)<0$: la corrente unidirezionale è negativa.
- 3) $\sin(\varphi-\gamma)=0$: la corrente unidirezionale è nulla.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI - CORTOCIRCUITO

Come si è detto la componente transitoria ha una durata legata alla costante di tempo L/R , questo significa che nel caso in cui la maglia di corto sia fortemente induttiva, l'estinzione del transitorio diviene molto lenta, e nel caso particolare di $R=0$, si ha un termine unidirezionale che, da transitorio, diviene costante:

$$i_L(t) = \hat{I}_p \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - \gamma\right) + \hat{I}_p \cdot \sin(\omega \cdot t + \gamma - \phi)$$

in questa situazione l'angolo d'attacco γ diventa fondamentale per determinare l'andamento della corrente di cortocircuito che potrà risultare con vari gradi di asimmetria.

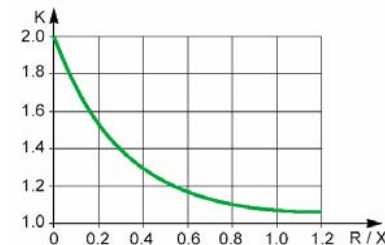
TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI - CORTOCIRCUITO

FATTORE DI CRESTA:

Si definisce fattore di cresta il rapporto $K_{cr} = \frac{I_{cr}}{I_p}$

dove I_{cr} è il valore della corrente di cresta, fissato l'angolo caratteristico della maglia di corto φ , calcolato per l'angolo γ di fase iniziale di "e" che ne causa il massimo valore.

Questo è un numero positivo >1 che varia con φ . Il fattore di Cresta viene rappresentato graficamente in funzione del rapporto R/X (ovvero $\tan \varphi$) nel seguente modo:



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI - CORTOCIRCUITO

SOLLECITAZIONE TERMICA PER CORTOCIRCUITO

Durante il cortocircuito la corrente è molto più elevata di quella di servizio. Si tratta di una corrente elevata ma di breve durata, per via del rapido intervento delle protezioni. Il riscaldamento del cavo per effetto joule è immediato e si può ragionevolmente ipotizzare che il cavo non scambi calore con l'ambiente, ma che aumenti la sua temperatura in ragione della sua capacità termica. Studiando il caso del conduttore cilindrico di lunghezza L e sezione S , percorso dalla corrente i , l'energia termica prodotta per effetto Joule è nel tempo dt :

$$P_c \cdot dt = R \cdot i^2 \cdot dt = \rho \cdot \frac{L}{S} \cdot i^2 \cdot dt = c \cdot S \cdot L \cdot d\theta$$

e isolando il termine $i^2 dt$

$$i^2 \cdot dt = \frac{c \cdot S^2}{\rho} \cdot d\theta$$

dove c è il calore specifico per unità di volume del cavo e $d\theta$ è la variazione di temperatura nel tempo dt .

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE SOVRACORRENTI - CORTOCIRCUITO

Considerando allora il caso in cui al tempo $t=0$ si instauri il cortocircuito e che al tempo $t=t_i$ cessi per effetto della protezione (tempo di interruzione), e che inizialmente il cavo sia a temperatura di servizio θ_s mentre la temperatura finale raggiunta a $t=t_i$ sia θ_f , l'equazione vista può essere riscritta in forma integrale:

$$\int_0^{t_i} i^2 \cdot dt = \int_{\theta_s}^{\theta_f} \frac{c \cdot S^2}{\rho} \cdot d\theta$$

bisogna però considerare che la resistività dipende dalla temperatura: $\rho(\theta) = \rho_0 (1 + \alpha\theta)$. Ora scelto il materiale conduttore, scelto il materiale isolante e stabilendo normativamente per esso una temperatura finale ammissibile il secondo termine si riconduce ad una funzione della sezione S . tale forma viene così espressa:

$$\int_0^{t_i} i^2 \cdot dt = K^2 \cdot S^2$$

dove se il materiale è rame, $K=115$ per isolante in PVC e $K=143$ per isolante in EPR

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

Si possono usare:

1. Interruttore automatico con relè termico
2. Relè termico associato a contattore
3. Fusibile

1)



2)



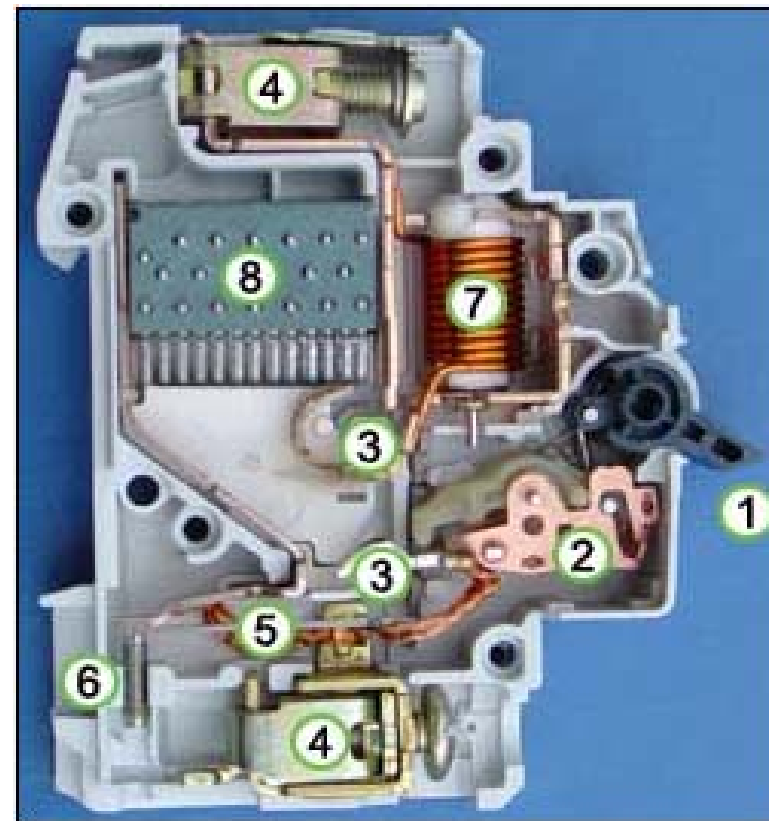
3)



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

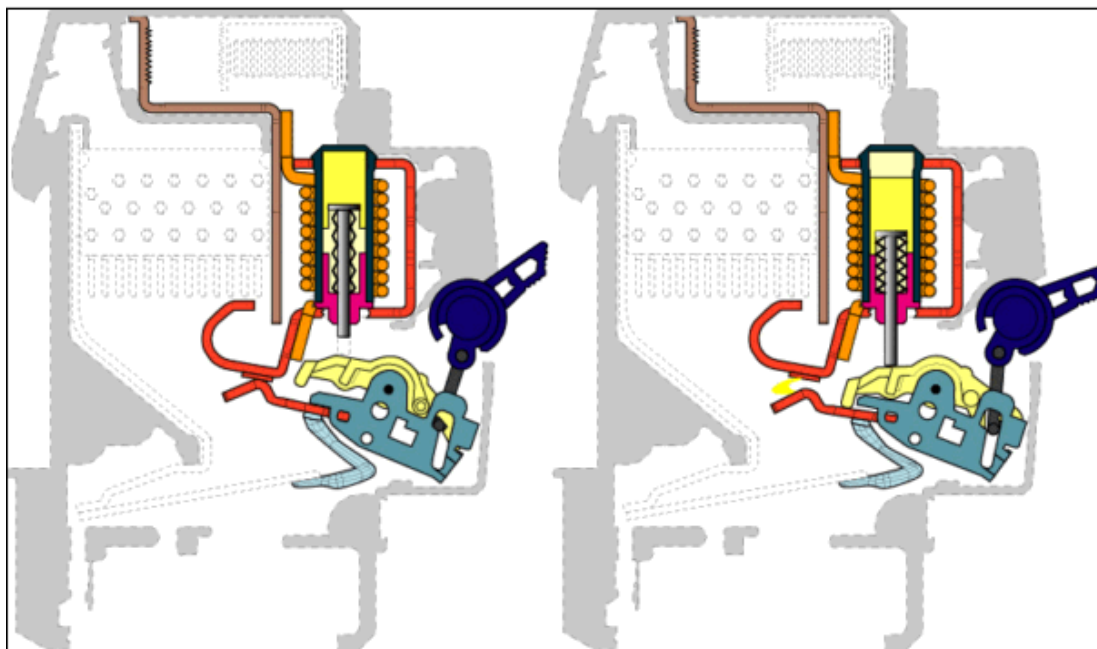
L'interruttore magnetotermico si compone di questi elementi:

1. leva di manovra
2. dispositivo di sgancio a molla caricata
3. contatto mobile
4. morsetti di connessione
5. lamina bimetallica relè termico
6. registro relè termico
7. bobina di sgancio magnetico
8. lamelle frangiarco



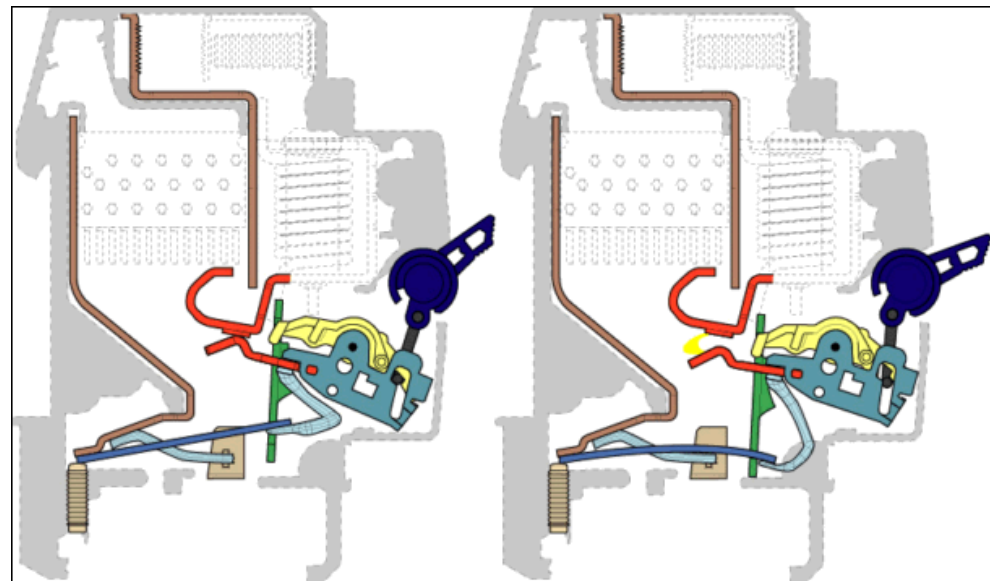
TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

La bobina di sgancio magnetico agisce istantaneamente quando la corrente supera una determinata soglia. E' quindi tempo-indipendente viene tarata per le correnti di cortocircuito.



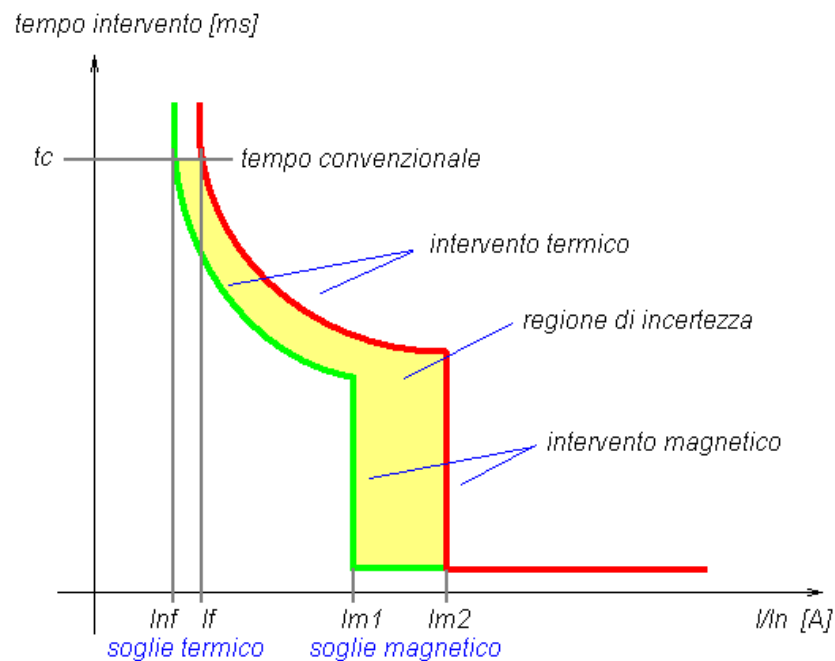
TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

La lamina bimetallica si deforma per il calore sviluppato per effetto joule dovuto al passaggio della corrente. Il suo tempo di intervento dipende dall'entità della corrente. Si tratta di un relè tempo-dipendente con caratteristica a tempo inverso. Viene tarato per rilevare le correnti di sovraccarico.



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

La caratteristica di intervento di un magnetotermico si compone di due zone. La zona di intervento del relè termico e la zona di intervento magnetico. Trattandosi di un dispositivo elettromeccanico, le soglie non sono precise ma è prevista una fascia di intervento.



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

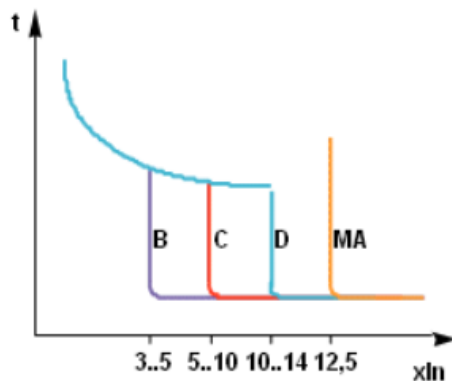
Riguardo al relè termico i valori di soglia I_{nf} (valore di sicuro non intervento fino al tempo convenzionale t_c) e I_f (valore di sicuro intervento entro il tempo convenzionale t_c) sono stabiliti dalle norme tecniche e dipendono dalla norma applicabile e dalla taglia dell'interruttore.


Protezione	I_n/I_r	I_{nf}	I_f	t_c	k_f
sganciatore termico	I_n	$1,05 I_n$	$1,2 I_n$	$2h$	1,2
interruttore automatico a norma EN 60898	$I_r < 63A$	$1,13 I_n$	$1,45 I_n$	$1h$	1,45
	$I_r > 63A$			$2h$	
interruttore automatico a norma EN 60947-2	$I_r < 63A$	$1,05 I_n$	$1,35 I_n$	$1h$	1,35
	$I_r > 63A$	"	$1,25 I_n$	$2h$	1,25


TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE


PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT


Riguardo allo sgancio magnetico le soglie sono ricavate moltiplicando due coefficienti per corrente nominale I_n . Questi coefficienti sono diversi in relazione alla destinazione d'uso dell'interruttore (maggiore o minore tolleranza alle correnti di spunto). Si distinguono in relazione a ciò vari tipi di curva identificati con una lettera. Se non diversamente specificato si adotta una curva C (soglie da $5I_n$ a $10I_n$)




- 

■ Curva B
soglie tra $3 I_n$ e $5 I_n$
protezione generatori, persone, linee estese.
- 

■ Curva C
soglie tra $5 I_n$ e $10 I_n$
uso generale, protezione linee.
- 

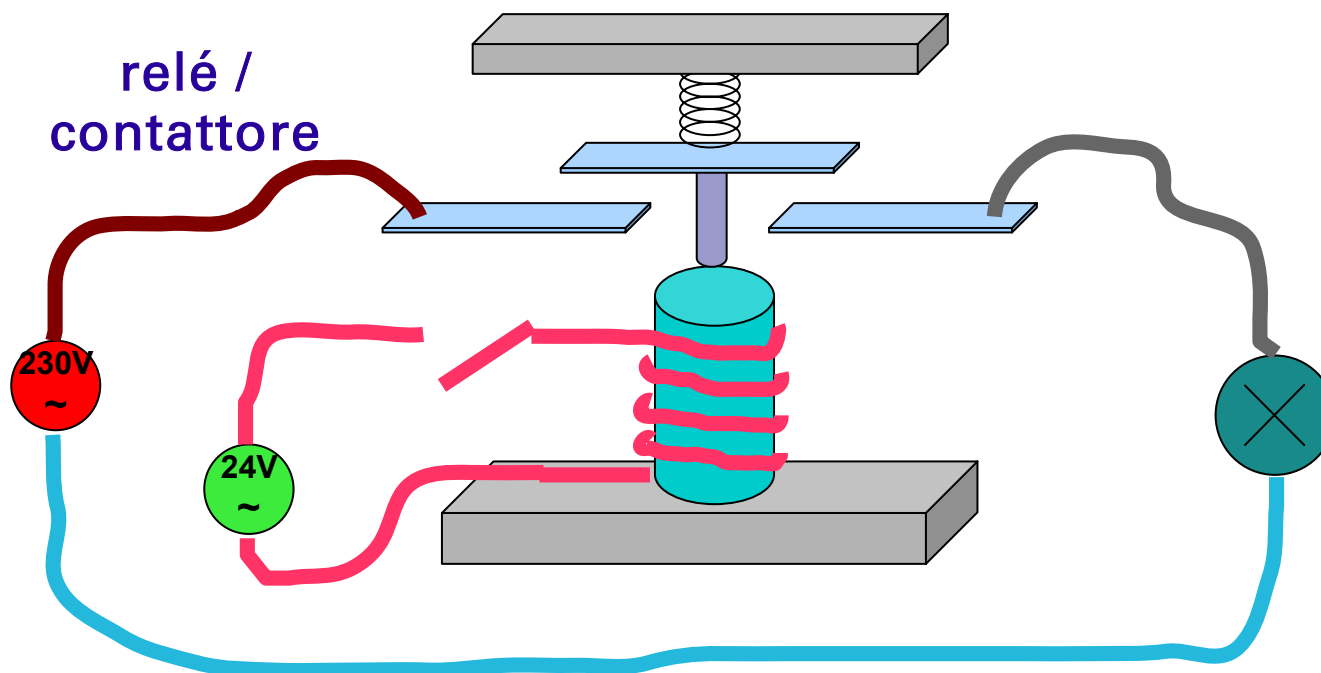
■ Curva D K
soglie tra $10 I_n$ e $14 I_n$
linee con carichi con forti spunti, motori, trafo.
- 

■ Curva Z
soglie tra $2,4 I_n$ e $3,6 I_n$
protezione circuiti elettronici
- 

■ Curva MA
soglia $12 I_n$ solo relè magnetico
protezione motori

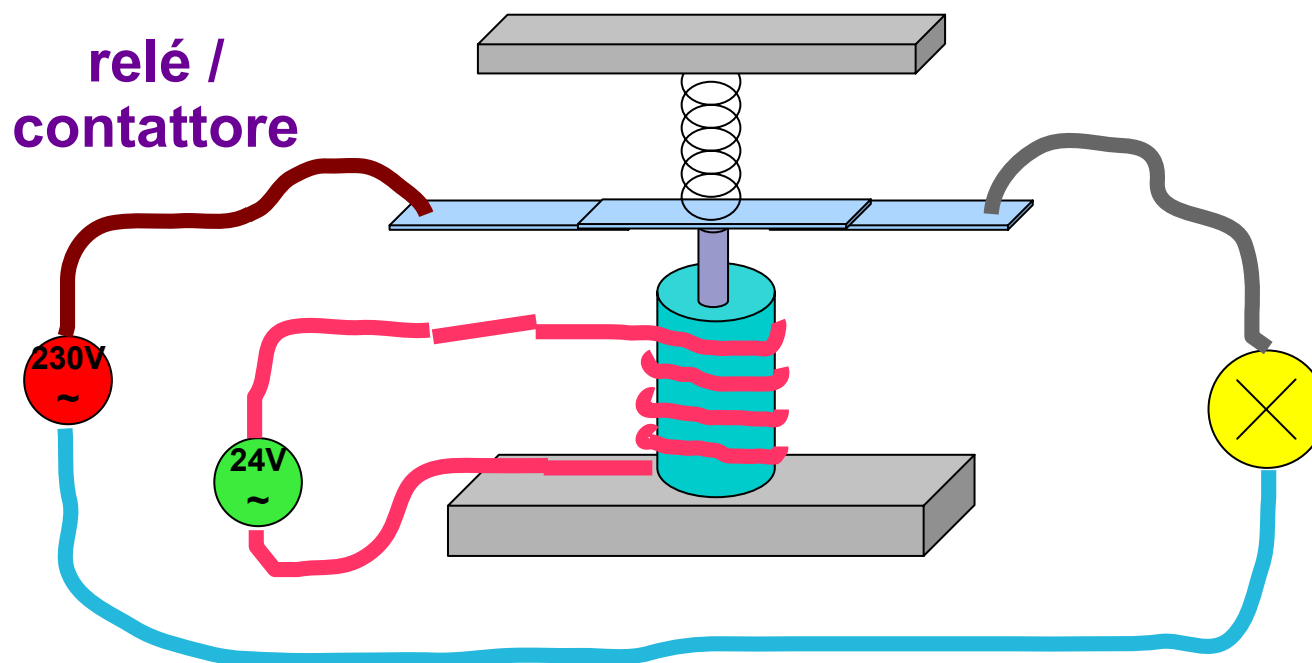
TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

Il relè termico associato a un contattore utilizza come sensore la stessa lamina bimetetallica vista per il magnetotermico ma lo sgancio dei contatti avviene attraverso un circuito di telecomando elettrico, lo stesso che occorre per chiuderli.



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

Il relè termico associato a un contattore utilizza come sensore la stessa lamina bimetalle vista per il magnetotermico ma lo sgancio dei contatti avviene attraverso un circuito di telecomando elettrico, lo stesso che occorre per chiuderli.



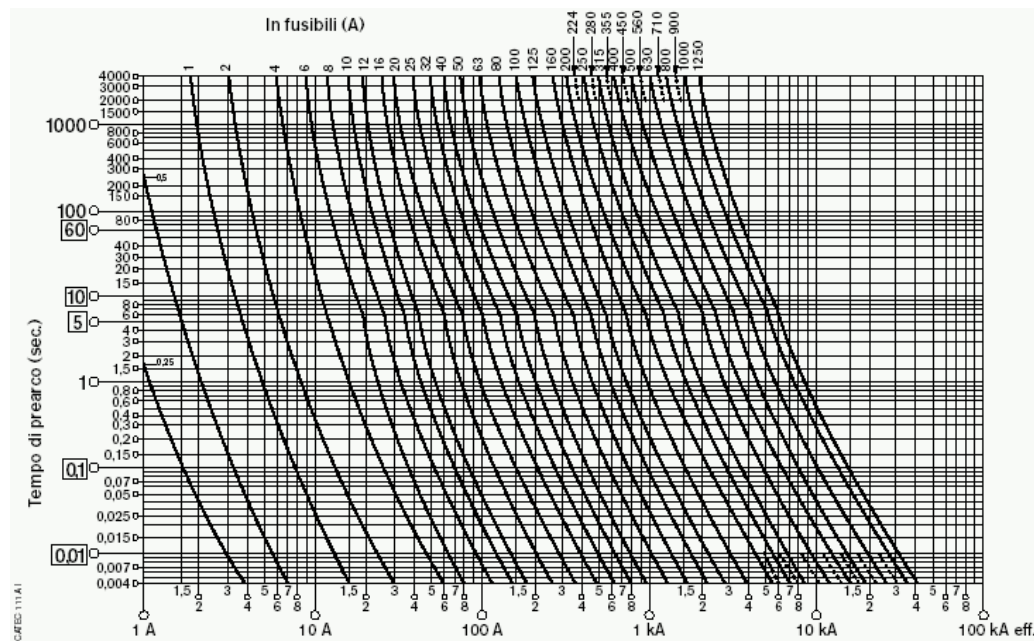
TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

Il fusibile ha un funzionamento molto semplice: Un tratto di conduttore con temperatura di fusione calibrata viene fatto attraversare dalla corrente. Se la corrente ha un valore tale da portare la temperatura del conduttore alla fusione questo interrompe il circuito distruggendosi. La caratteristica è tempo dipendente ma tuttavia si preferisce utilizzarlo per la protezione contro i cortocircuiti.



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

E' molto economico, ha lo svantaggio di dover essere sostituito ogni volta che interviene. Ha il vantaggio di poter interrompere correnti anche molto grandi. Si distinguono fusibili gG (uso generale) e aM (a campo ridotto) con caratteristiche di intervento diverse.



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

SOVRACCARICO

Norma di riferimento:

Per gli impianti in BT • norma CEI 64-8

Scopo:

- ❑ evitare il danneggiamento dell'isolante del cavo (invecchiamento precoce).
- ❑ consentire i transitori di inserzione (spunto) dei carichi.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

Posizione della protezione:

- normalmente a monte della linea da proteggere e dimensionata.

Per la più piccola portata tra quelle dei cavi eventualmente diramati.

- Obbligatoriamente a monte se si tratta di luoghi MARCI (a maggior rischio in caso di incendio).

E' possibile anche installare la protezione lungo la linea purchè a monte non vi siano derivazioni nè prese a spina.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

SOVRACCARICO

Tutti i circuiti devono essere protetti eccetto i casi in cui:

- ❑ Protezione già esistente a monte idonea anche per tutte le derivazioni.
- ❑ Alimentazione diretta di utilizzatori protetti contro il c.to c.to, privi di derivazioni o prese a spina, che per loro natura non possono dar luogo a sovraccarichi (es. apparecchi illuminanti).
- ❑ Impianti per telecomunicazione, comando e segnalazione.
- ❑ E' raccomandata l'omissione per ragioni di sicurezza (caso magneti sollevamento).

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

SOVRACCARICO

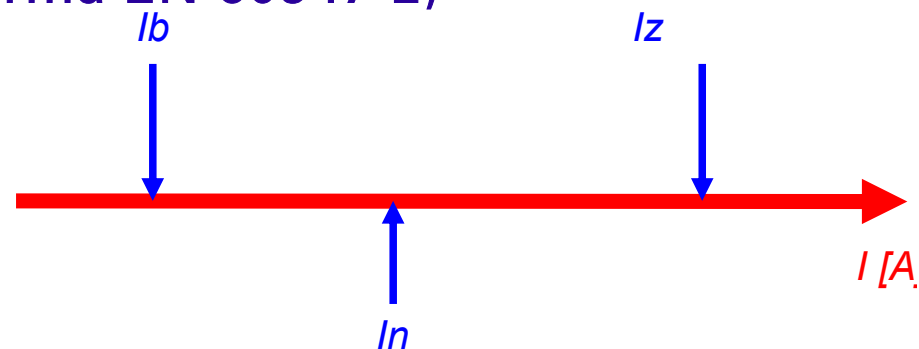
Scelta e coordinamento del dispositivo di protezione contro i sovraccarichi:

Definizioni:

- I_b corrente d'impiego che percorre la conduttura
- I_z portata in regime permanente della conduttura
- I_n corrente nominale del dispositivo di protezione a norma EN 60898 (I_r se dispositivo a norma EN 60947-2)

Condizioni generali da rispettare:

- 1) $I_n \geq I_b$
- 2) $I_n \leq I_z$

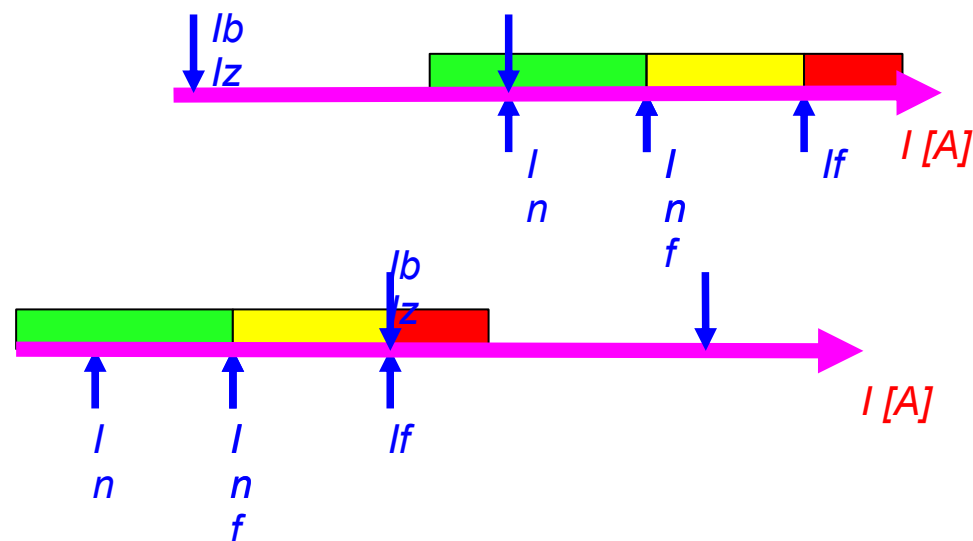


TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

SOVRACCARICO

però i dispositivi di protezione hanno una fascia di intervento incerto tra i valori I_n e I_f (rif. a t_c) per cui si potrebbero avere due casi limite non accettabili:

- a) $I_n = I_z$ La protezione non interviene per correnti superiori alla portata e inferiori a I_f , quindi NON E' EFFICACE



- b) $I_f = I_b$ La protezione è efficace ma impone che I_z sia molto più grande di I_b quindi si ha un CAVO SOVRADIMENSIONATO

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

Soluzione di compromesso prevista dalla norma CEI 64-8:

- 1) $I_b \leq I_n \leq I_z$
- 2) $I_f \leq 1,45 I_z$

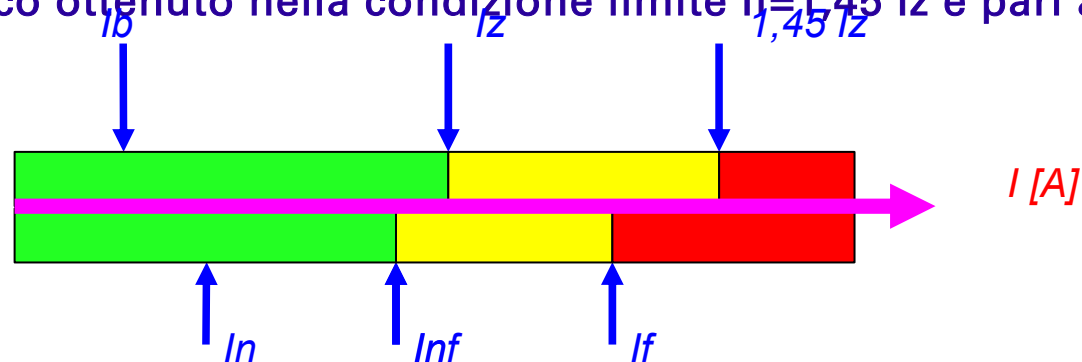
in questo modo:

diminuisce il gap tra I_b e I_z • il cavo è meglio sfruttato. La protezione potrebbe non

intervenire fino al valore del tempo convenzionale soltanto nel tratto $I_z - I_f$. Il massimo

sovraccarico teorico ottenuto nella condizione limite $I_f = 1,45 I_z$ è pari al 45% per un

tempo pari a t_c



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

I relè dei dispositivi di protezione sono caratterizzati dal rapporto:

$$K_f = \frac{I_f}{I_n} \rightarrow I_n = \frac{I_f}{K_f}$$

allora le condizioni stabilite dalle norme CEI per la protezione contro il sovraccarico divengono:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$
$$I_n \leq \frac{1,45}{K_f} \cdot I_z$$

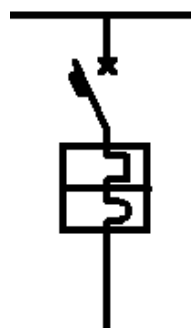
si possono avere vari casi in funzione del K_f proprio della specifica protezione:

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

I simboli grafici unifilari per le protezioni citate sono:



Relè termico



Interruttore magnetotermico



Fusibile

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

PROTEZIONE CONTRO I CORTOCIRCUITI

Si possono usare:

- ❑ Interruttore automatico con relè di massima corrente
- ❑ Fusibile

Norma di riferimento:

- ❑ Per gli impianti in BT • norma CEI 64-8

Scopo:

- ❑ evitare il danneggiamento/distruzione dell'isolante del cavo e dell'impianto per effetti termici e meccanici.
- ❑ consentire i transitori di inserzione dei carichi (es. corrente magnetizzante dei trafo).

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

PROTEZIONE CONTRO I CORTOCIRCUITI

Posizione della protezione:

- normalmente a monte della linea da proteggere e dimensionata per il più piccolo tra i cavi eventualmente diramati.
- Obbligatoriamente a monte se si tratta di luoghi MARCI.

è possibile anche installare la protezione fino a 3m dalla partenza cella conduttura se sussistono le condizioni di rischio ridotto di cortocircuito, e non è nelle vicinanze di materiale combustibile.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

PROTEZIONE CONTRO I CORTOCIRCUITI

Tutti i circuiti devono essere protetti eccetto:

- ❑ Alimentazione diretta ai quadri di utilizzatori speciali (batterie di accumulatori, trasformatori, generatori, raddrizzatori, protetti contro il c.to c.to dai rispettivi quadri elettrici).
- ❑ Circuiti secondari dei TA.
- ❑ E' raccomandata l'omissione per ragioni di sicurezza (caso magneti sollevamento).

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

PROTEZIONE CONTRO I CORTOCIRCUITI

Scelta e coordinamento del dispositivo di protezione contro il cortocircuito:

□ Definizioni:

- I_b corrente d'impiego che percorre la conduttura
- I_n corrente nominale del dispositivo di protezione a norma EN 60898 (I_r se dispositivo a norma EN 60947-2)
- I_{cn} potere d'interruzione del dispositivo di protezione a norma EN 60898 (I_{cs}/I_{cu} se dispositivo a norma EN 60947-2)
- S sezione del conduttore
- K coefficiente del cavo per il calcolo dell'energia specifica passante limite (norma CEI 64-8/4) dipende da : materiale conduttore, materiale isolante, temperatura di servizio, temperatura finale ammissibile. E' tabulato in funzione di materiale isolante e materiale conduttore per cortocircuiti di durata inferiore a 5s.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

PROTEZIONE CONTRO I CORTOCIRCUITI

Condizioni da rispettare per la protezione contro il cortocircuito:

$$\begin{aligned} 1) \quad & I_b \leq I_n \\ 2) \quad & I_{cc} \leq I_{cn} \quad (I_{cs} / I_{cu}) \\ 3) \quad & \int_0^{t_i} i^2(t) dt \leq K^2 \cdot S^2 \end{aligned}$$

1) In questo modo non viene pregiudicata la continuità di servizio e la fruibilità completa dell'utilizzatore.

$$\begin{aligned} 1) \quad & I_b \leq I_n \\ 2) \quad & I_{cc} \leq I_{cn} \quad (I_{cs} / I_{cu}) \\ 3) \quad & \int_0^{t_i} i^2(t) dt \leq K^2 \cdot S^2 \end{aligned}$$

2) Dove la I_{cc} è la massima corrente di cortocircuito presunta calcolata nel punto d'installazione della protezione.

3) Dove il termine a SX è pari all'energia specifica che il dispositivo di protezione ha lasciato sviluppare nel cavo per effetto Joule durante il transitorio d'interruzione (t_i è il tempo d'interruzione $i(t)$ è la corrente istantanea durante il corto), mentre il termine a DX rappresenta il valore limite di energia specifica passante sopportabile dal cavo, ovvero quel valore di energia specifica che farà raggiungere all'isolante la temperatura limite stabilita.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

PROTEZIONE CONTRO I CORTOCIRCUITI

- ❑ La condizione 1) è facilmente ottenuta, anche se è opportuno scegliere il tipo di curva di intervento (B, C, D, ...) appropriata al tipo di carico, ovvero in modo che le soglie d'intervento siano superiori a eventuali correnti di spunto del carico e/o siano "selettive" riguardo alle eventuali altre protezioni poste in serie.
- ❑ La condizione 2) va applicata adottando I_{cn} , I_{cs} o I_{cu} considerando opportunamente la norma da applicarsi, la presenza di personale addestrato alla manutenzione degli impianti e l'esigenza di continuità di servizio.
- ❑ La condizione 3) va verificata confrontando la curva caratteristica dell'energia specifica passante ($\bullet i^2 dt$, in funzione della corrente di cortocircuito) della protezione in esame con la curva dell'energia specifica passante tollerata dal cavo ad essa associato ($K^2 S^2$) (fornite dal costruttore).

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

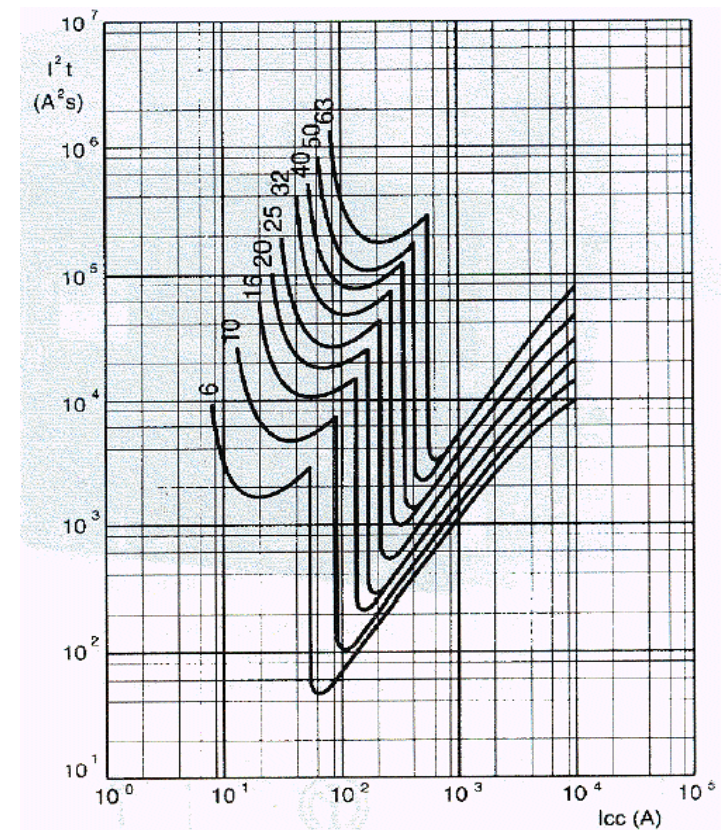
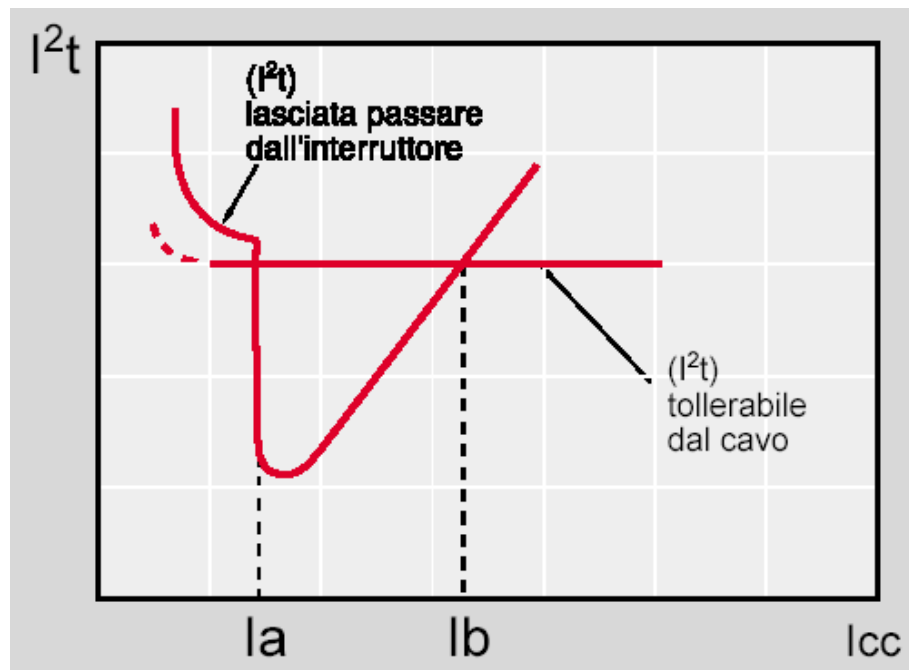
Per la norma CEI 64-8 sono ammesse due possibilità:

- 1) $K2S2$ è maggiore di $\bullet i2 dt$ per tutti i valori di I_{cc} . In questo caso non sono necessarie ulteriori indagini.
- 2) Le curve si intersecano e $K2S2$ è maggiore di $\bullet i2 dt$, solo in alcuni tratti. In questo caso bisogna verificare che nell'intervallo delle correnti di cortocircuito possibili nel tratto di condotta protetta (ovvero comprese tra I_{cc} di inizio e di fine linea) $K2S2$ sia sempre maggiore di $\bullet i2 dt$.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI in BT

PROTEZIONE CONTRO I CORTOCIRCUITI

Curve • $i^2 dt$ fornite dal costruttore di un interruttore magnetotermico.



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

- Pericolosità della corrente elettrica
- Contatti diretti e indiretti
- Protezione contro i contatti diretti
- Protezione contro i contatti indiretti
- Impianti di terra

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA

Si chiama elettrocuzione l'evento che comprende il contatto tra il corpo umano e due punti materiali tra i quali persiste una differenza di potenziale elettrico, cui consegue il passaggio di corrente nel corpo stesso.

Per quanto erroneamente si possa pensare non è la differenza di potenziale di per se pericolosa anche se essa è la causa, ma è il passaggio di corrente nel corpo umano, conduttore, che determina gli effetti dannosi o letali.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

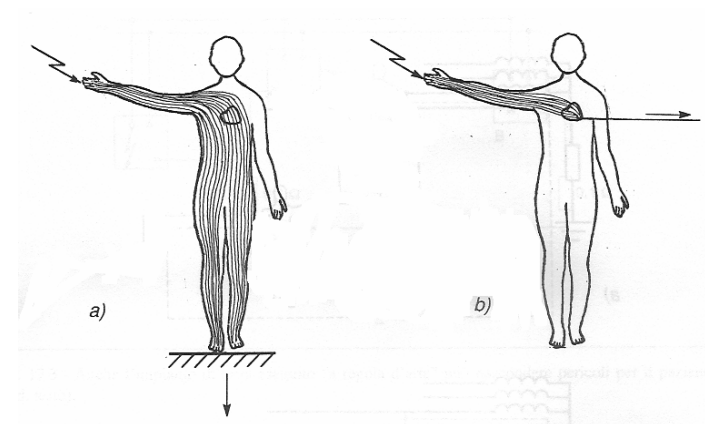
Gli effetti dell'elettrocuzione sono riassumibili in:

TETANIZZAZIONE

ARRESTO RESPIRATORIO

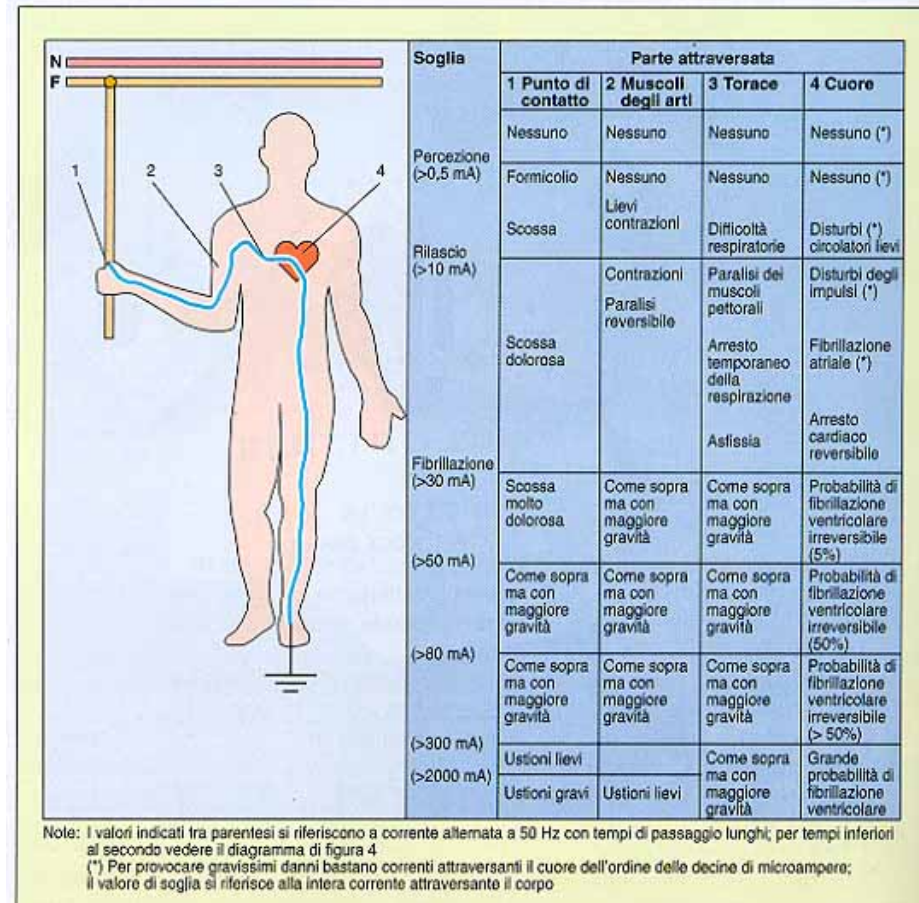
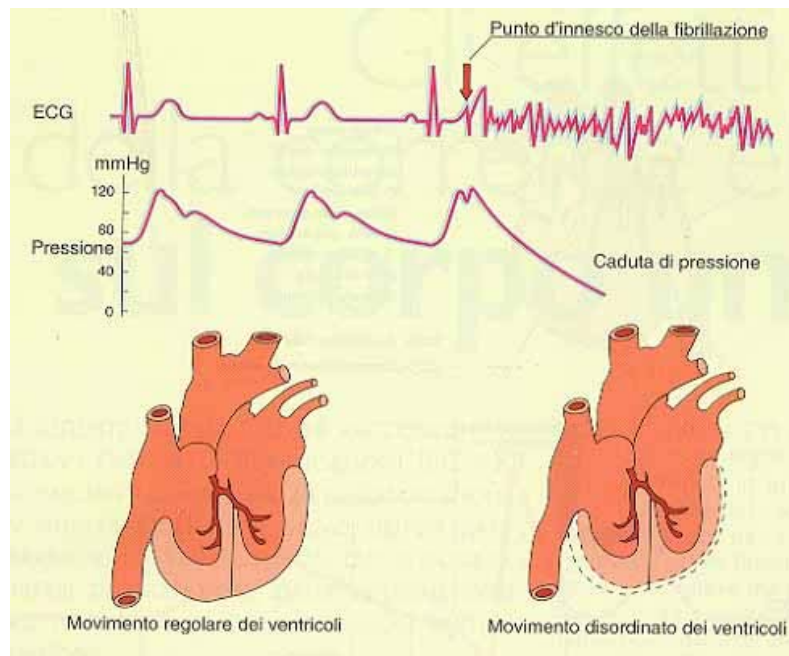
FIBRILLAZIONE VENTRICOLARE

USTIONI



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA

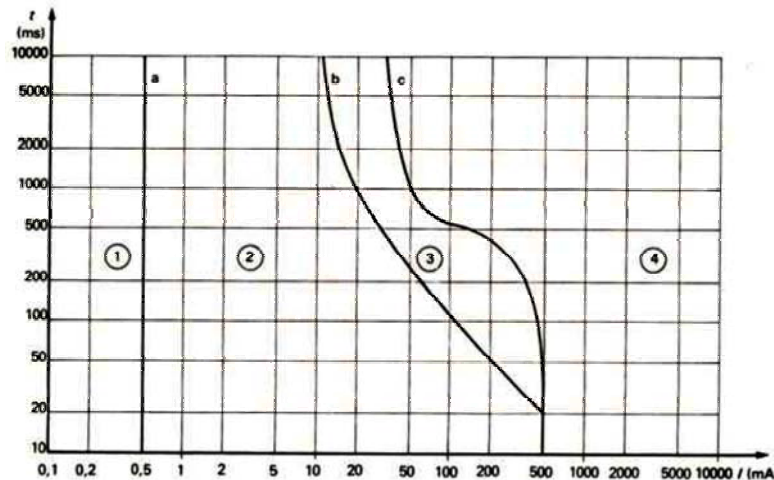


TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA

Gli effetti della corrente elettrica nel corpo dipendono da due parametri: INTENSITA' della corrente e TEMPO di permanenza nel corpo.

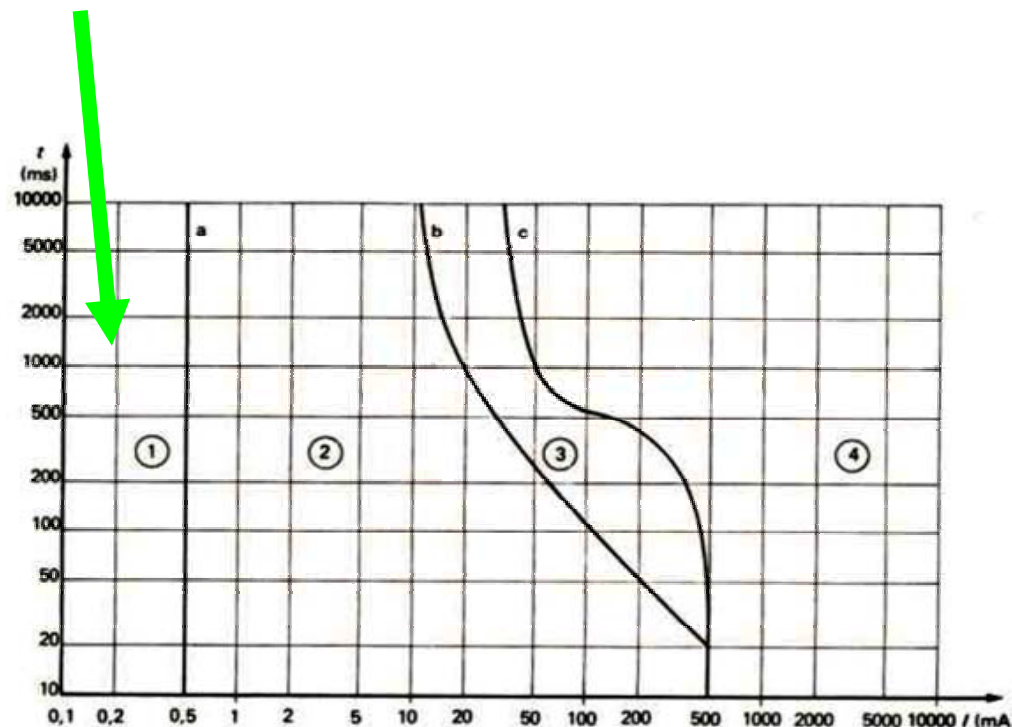
Sono state quindi individuate in un diagramma CORRENTE-TEMPO diverse zone di pericolosità (AC 15-100Hz):



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE
 PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA

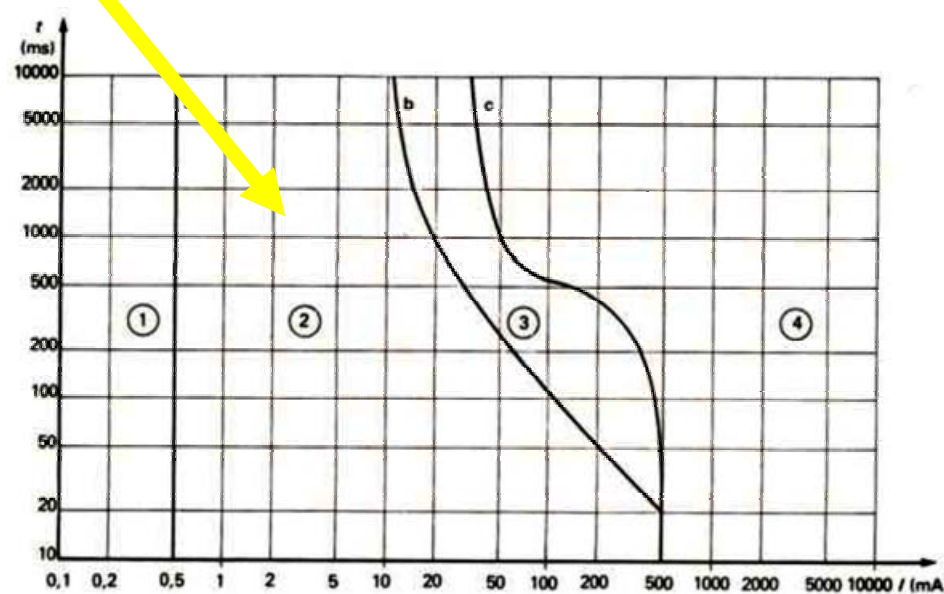
Nella prima regione (1) si è al di sotto della soglia di percezione



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA

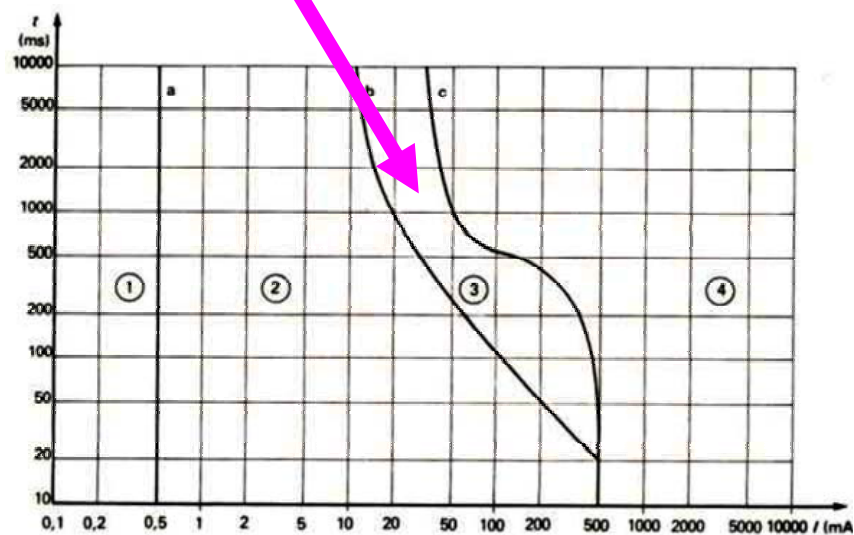
Nella zona due (2) non si osservano effetti fisiologici pericolosi, fino alla sogli di tetanizzazione.



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA

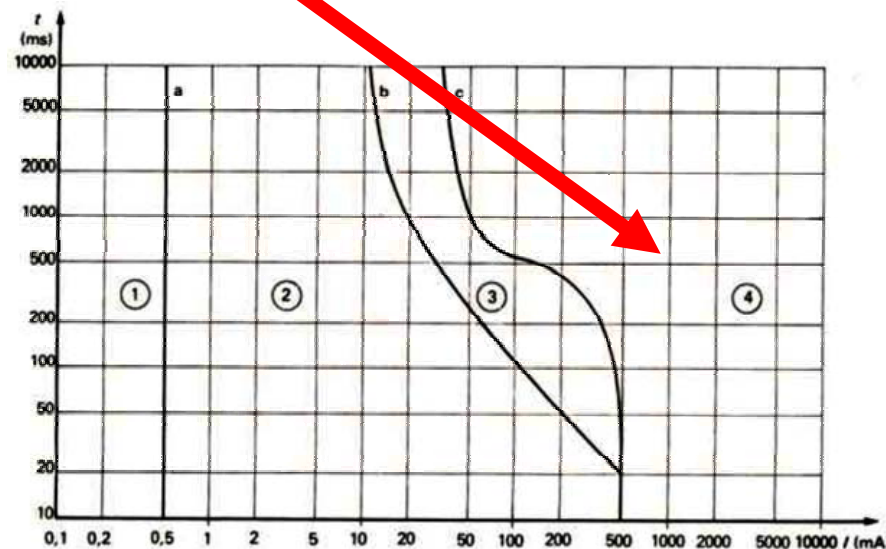
Nella zona tre (3) si osservano effetti consistenti ma reversibili, quali contrazioni muscolari, difficoltà respiratorie, aumento della pressione e fibrillazione atriale.



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA

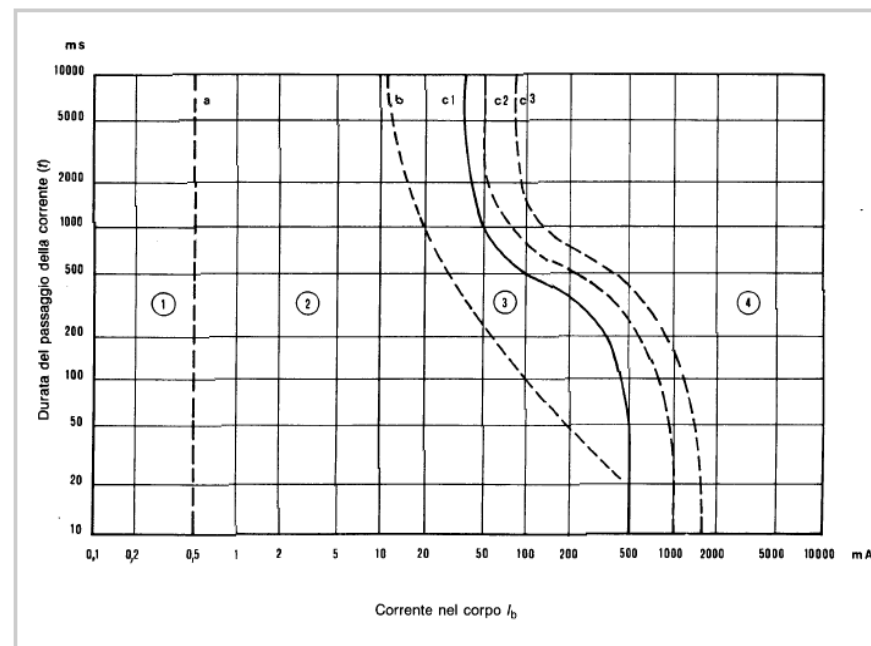
Nella zona quattro (4) divengono molto probabili la fibrillazione ventricolare, l'arresto cardiaco o respiratorio.



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA

Nel dettaglio vengono individuate delle curve secondarie cui corrispondono probabilità diverse di fibrillazione ventricolare (c2 5% c3 50%)



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA

Da un punto di vista strettamente tecnico è però importante riferirsi al valore di tensione con cui avviene il contatto. Allora l'idea è questa: Determinare un valore statistico di riferimento per la resistenza del corpo umano (se ne individueranno due in ragione delle condizioni ambientali) estrapolare con la legge di Ohm $U=R I$, delle curve di pericolosità TENSIONE di contatto – TEMPO di permanenza.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

Per prima cosa bisogna osservare che a seconde delle parti del corpo coinvolte la resistenza cambia. Si identificano allora dei fattori di percorso F

Percorso	Fattore F	Valutazione
Mano sinistra-piede sinistro	1	Situazione di perfetta equivalenza
Mano sinistra-piede destro	1	
Mano sinistra-entrambi i piedi		
Mano destra-piede sinistro	0.8	Situazioni meno pericolose
Mano destra-piede destro	0.8	
Mano destra-entrambi i piedi	0.8	
Schiena - mano sinistra	0.7	
Glutei - mani	0.7	
Mano sinistra – mano destra	0.4	
Schiena - mano destra	0.3	Situazioni più pericolose
Torace - mano sinistra	1.5	
Torace - mano destra	1.3	

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA

Da un punto di vista strettamente tecnico è però importante riferirsi al valore di tensione con cui avviene il contatto. Allora l'idea è questa: Determinare un valore statistico di riferimento per la resistenza del corpo umano (se ne individueranno due in ragione delle condizioni ambientali) estrapolare con la legge di Ohm $U=R I$, delle curve di pericolosità TENSIONE di contatto – TEMPO di permanenza.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

Valori tipici di resistenza tra le due mani sono i seguenti. Si osservi che il valore cambia con la tensione applicata, si tratta dunque di una resistenza variabile.

Tensione (V)	Resistenza del corpo umano R_c (Ω)
25	3250-6100
50	2625-4375
220	1350-2125
1000	1050-1500

PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA

Da un punto di vista tecnico e per la misura delle tensioni di contatto, si è scelto di considerare la resistenza del corpo umano nel percorso mani-piedi (body resistance = R_B) convenzionalmente:

$$R_B = 1000 \Omega$$

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

Va poi preso in considerazione il valore di resistenza di contatto tra i piedi della persona e il potenziale di riferimento di terra attraverso il suolo (earth body resistance= REB). Considerato in due condizioni ambientali di riferimento:

in condizioni ordinarie:

$$REB = 1000 \Omega$$

in condizioni particolari (all'aperto, in assenza di pavimento, in presenza di acqua,...):

$$REB = 200 \Omega$$

**TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE
PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI**

PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA

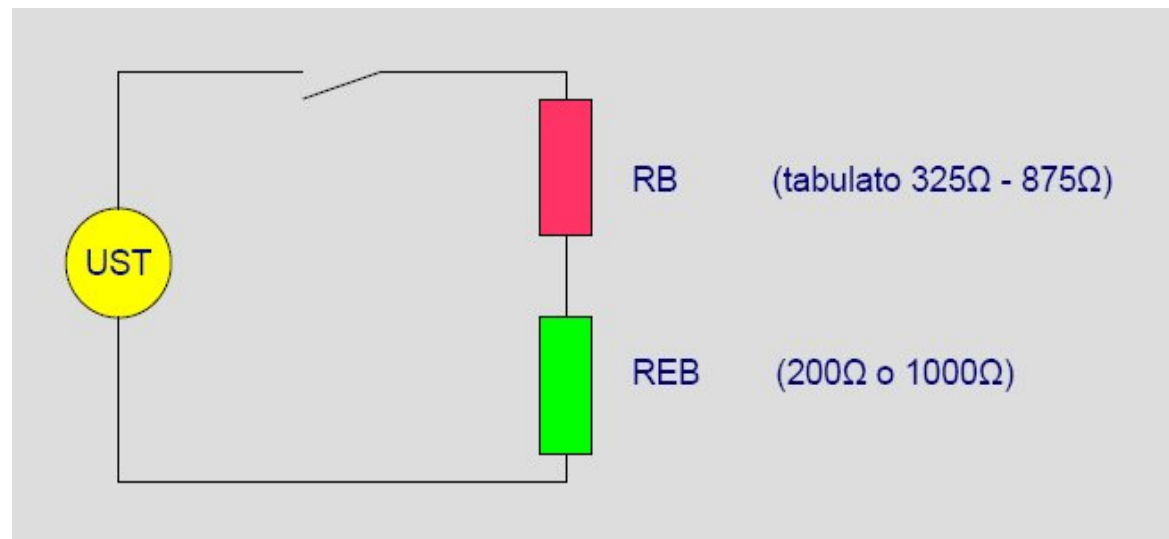
In realtà come si è visto la resistenza del corpo RB varia con la tensione, si è allora deciso di valutare statisticamente il valore di RB in funzione della tensione ottenendo la seguente tabella:

Tensione di contatto	Valori di RB che non sono superati dal 5% della pop. (percorso mani - piedi)
25 V	875
50 V	725
75 V	625
100 V	600
125 V	562
220 V	500
700 V	375
1000 V	350
val. asintotico	325

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA

Si ottiene allora un modello elettrico semplificato. In esso si distingue la tensione di contatto a vuoto UST (nota e quindi presa come riferimento) da quella (incerta e di valore più basso) che si ha durante il contatto UT:



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA

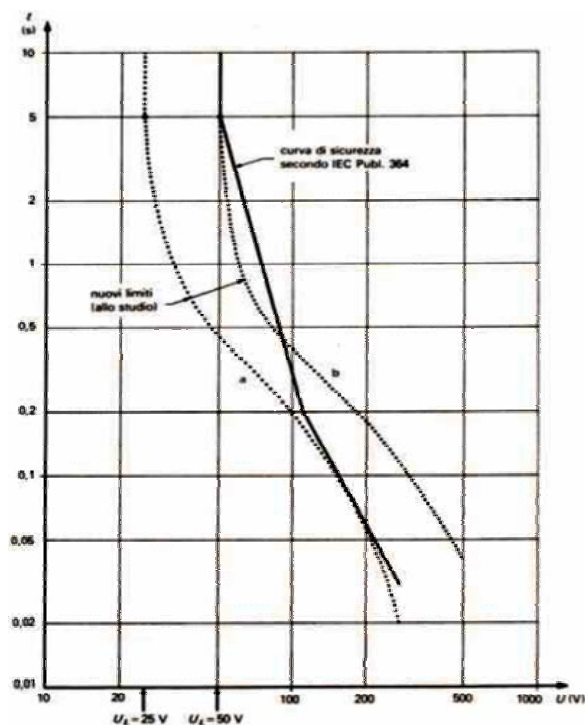
E si calcolano i corrispondenti valori di UST limite (nelle due condizioni ambientali dette):

Tensione di contatto UST	Condizioni ordinarie			Condizioni particolari		
	R_B+R_{BE}	I	t	R_B+R_{BE}	I	t
25 V	-----	-----	-----	1075	23 mA	5 s
50 V	1725	29 mA	5 s	925	54 mA	0,47 s
75 V	1625	46 mA	0,60 s	825	91 mA	0,30 s
90 V		56 mA	0,45 s	780	115mA	0,25 s
110 V	1600	72 mA	0,36 s	730	151mA	0,18 s
150 V	1535	102mA	0,27 s	660	227mA	0,10 s
230 V	1475	167mA	0,17 s	575	400 mA	0,03 s
280 V	1375	204mA	0,12 s	570	491mA	0,02 s
500 V	1370 1360	368 mA	0,04 s	-----	-----	-----

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA

Si ottengono quindi due curve dette di SICUREZZA pubblicate dall' IEC (IEC 364)



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA

Dal punto di vista impiantistico le curve vanno così interpretate:

In un impianto elettrico NON sono ammesse, a causa di guasti o altri motivi, parti conduttrici accessibili (parti attive o masse che siano) che presentino un valore di tensione di contatto a vuoto (misurata rispetto al potenziale di terra) che associato al suo tempo di permanenza, individui un punto esterno alla curva di sicurezza IEC 364.

Questo risulta determinante nella scelta del tipo di protezione da adottare.

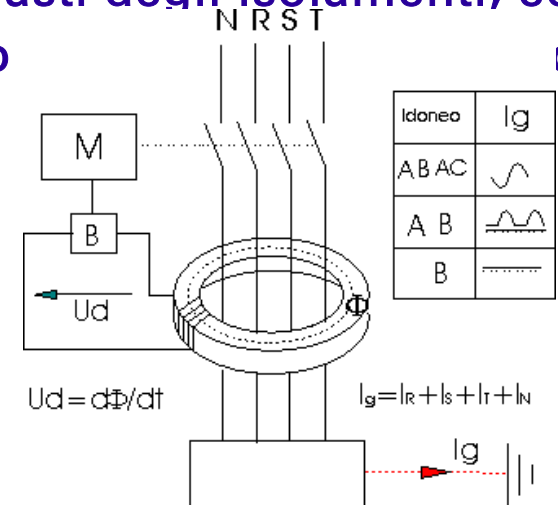
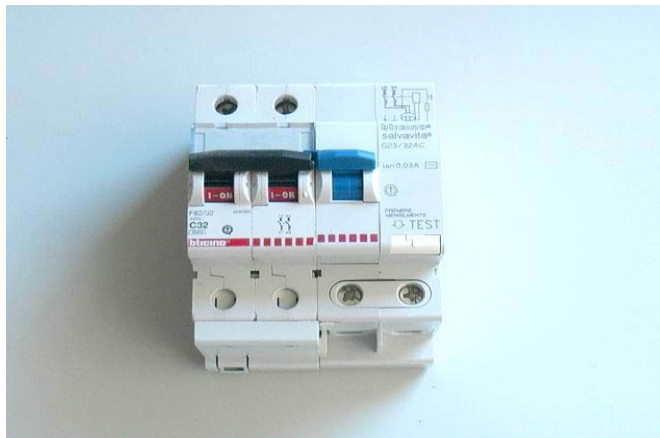
Non prima però di aver individuato e classificato i “modi” attraverso i quali le persone potrebbero entrare in contatto con una d.d.p. In un impianto elettrico utilizzatore BT.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE
 PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

INTERRUTTORE DIFFERENZIALE

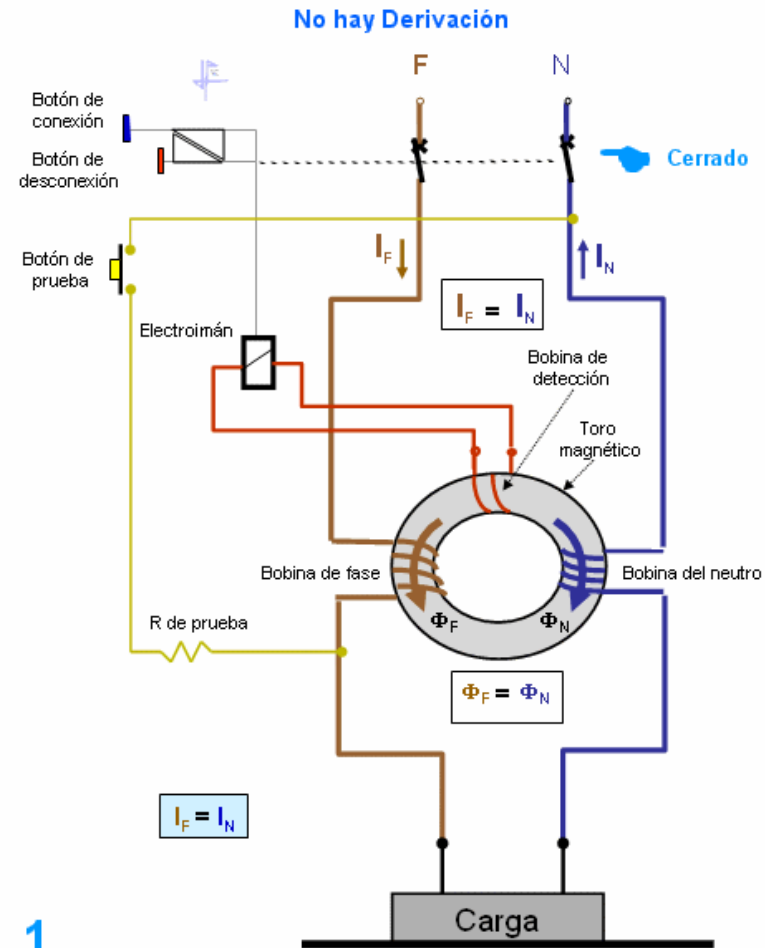
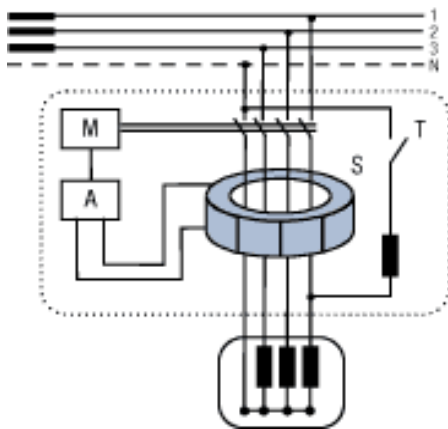
Esiste un particolare interruttore detto "differenziale" che misura l'equilibrio tra le correnti che alimentano un circuito (somma vettoriale correnti =0). Se rileva uno squilibrio significa che parte della corrente non si richiude nel circuito e quindi si è in presenza di una corrente dispersa.

E' quindi un ottimo dispositivo per rilevare guasti degli isolamenti, ed è anche molto sensibile (mA). Può essere creato trifase.



TRAMISIÓN DISTRIBUCIÓN UTILIZACIÓN
 PROTECCIÓN DE LOS UTILIZADORES

INTERRUPTOR DIFERENCIAL



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

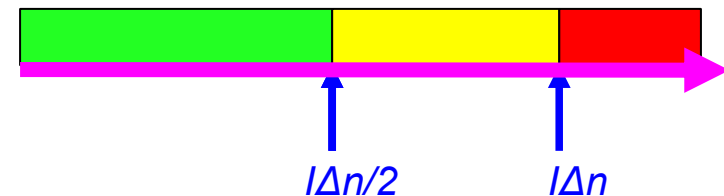
INTERRUTTORE DIFFERENZIALE

Il suo dato caratteristico è il valore nominale di corrente differenziale:

$$I\Delta n$$

Ne esistono di tipo istantaneo (G) oppure selettivi (S) oppure regolabili in relazione al tempo di sgancio, a seconda della finalità.

La soglia di sgancio è compresa tra $I\Delta n$ e $I\Delta n / 2$ al di sotto NON deve intervenire, al di sopra DEVE intervenire:



GLOSSARIO

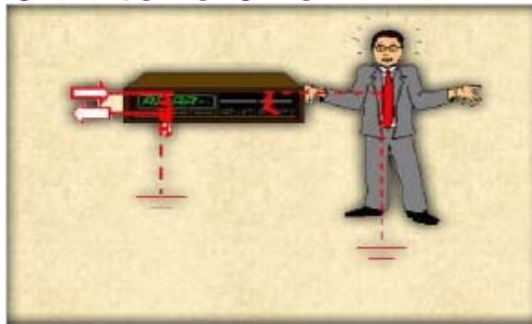
- ❑ equipotenzialità
- ❑ isolamento funzionale / principale / supplementare – doppio – rinforzato
- ❑ classe di isolamento (0, I, II, III)
- ❑ parti attive
- ❑ masse
- ❑ masse estranee
- ❑ impianto elettrico utilizzatore
- ❑ circuito elettrico
- ❑ circuito di distribuzione
- ❑ circuito terminale
- ❑ impianti di terra di protezione / di funzionamento / per lavori

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI



I contatti diretti si hanno quando vengono toccate parti che in normale esercizio sono in tensione.



I contatti indiretti si hanno quando vengono toccate parti che pur non essendo normalmente in tensione assumono potenziale diverso da zero a causa di un guasto dell'isolamento.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

CONTATTI DIRETTI

Protezione contro i contatti diretti:

❑ La protezione totale:

La protezione totale è quella volta a impedire sia il contatto accidentale che il contatto volontario (eccetto che utilizzando attrezzi o causando la distruzione del sistema di protezione).

- ❑ Isolamento delle parti attive
- ❑ Protezione con involucri e barriere
- ❑ Grado di protezione minimo IP2X (CEI 64-8/4)
- ❑ Grado di protezione minimo IP4X (CEI 64-8/4) per superfici superiori di involucri e barriere orizz.
- ❑ Rimozione involucri solo con attrezzo o chiave
- ❑ Interblocco portelli-interruttore

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

CONTATTI DIRETTI

Protezione contro i contatti diretti:

❑ La protezione parziale

La protezione parziale è volta a impedire soltanto i contatti accidentali e pertanto sono da utilizzare soltanto in luoghi accessibili esclusivamente a personale addestrato.

❑ Ostacoli

❑ Distanziamento

❑ Protezione mediante interruttore differenziale

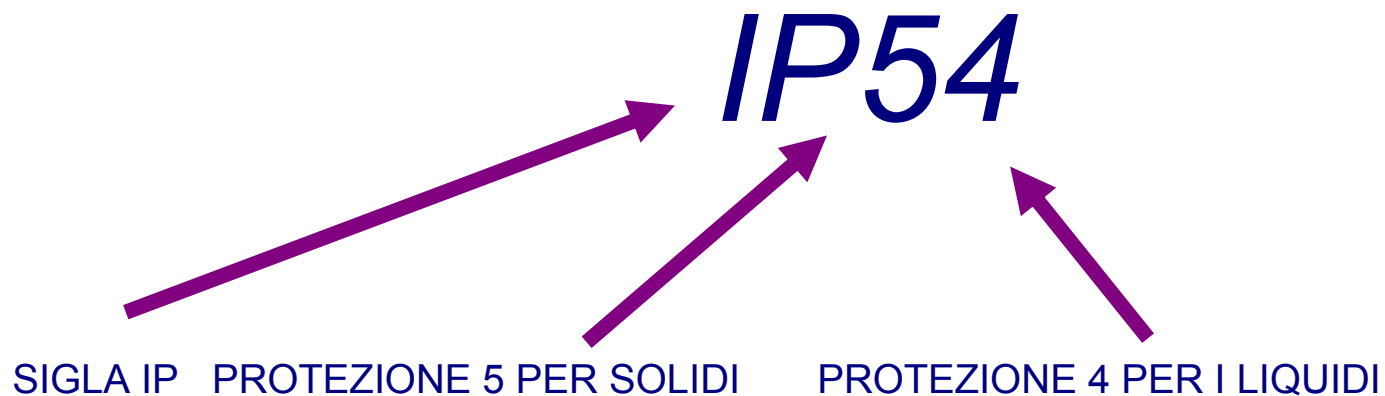
Il differenziale interviene solamente se il contatto diretto è con una sola parte in tensione, in questo caso risulta efficace il differenziale con $I_d=10\text{mA}$ fino a $I=100\text{mA}$ e parzialmente efficace con $I_d=30\text{mA}$. Se $I_d>30\text{mA}$ la protezione è sempre inefficace. Se il contatto è bipolare la protezione è inefficace. Si parla di protezione addizionale.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

CONTATTI DIRETTI

Grado di protezione degli involucri:

Gli involucri delle apparecchiature elettriche vengono classificati riguardo alla protezione contro la penetrazione dei solidi e dei liquidi con una sigla IP seguita da due numeri posti a specificare il grado di protezione rispetto alla penetrazione dei solidi e dei liquidi.



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

Grado di protezione IP degli involucri secondo le Norme CEI EN 60529

1ª Cifra caratteristica: Protezione contro l'ingresso di corpi estranei e contro l'accesso a parti pericolose

significato	0	1	2	3	4	5	6
Protezione dell'involucro contro l'ingresso di		Corpi solidi di dimensioni superiori a 50 mm	Corpi solidi di dimensioni superiori a 12,5 mm	Corpi solidi di dimensioni superiori a 2,5 mm	Corpi solidi di dimensioni superiori a 1 mm	Polvere in quantità nociva	Polvere (totalmente protetto)
Mezzo di prova		 calibro oggetto Ø 50 mm	 calibro oggetto Ø 12,5 mm	 calibro oggetto Ø 2,5 mm	 calibro oggetto Ø 1 mm	 polvere di talco	 polvere di talco
Protezione della persona contro l'accesso con		dorso della mano	dito	attrezzo		filo	
Mezzo di prova		 calibro di accessibilità Ø 50 mm	 dito di prova articolato	 calibro di accessibilità Ø 2,5 mm	 calibro di accessibilità Ø 1 mm		

1ª Cifra caratteristica: Protezione contro la penetrazione dell'acqua

significato	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Protezione dell'involucro contro effetti dannosi derivati da		Caduta verticale di gocce d'acqua	Caduta verticale di gocce d'acqua con inclinazione dell'involucro fino a 15°	Pioggia	Spruzzi d'acqua	Getti d'acqua	Getti d'acqua potenti	Immersione temporanea	Immersione continua
Mezzo di prova		 In accordo tra costruttore ed utilizzatore, ma più severo di quelle di cifra 7	 In accordo tra costruttore ed utilizzatore, ma più severo di quelle di cifra 7	 In accordo tra costruttore ed utilizzatore, ma più severo di quelle di cifra 7	 In accordo tra costruttore ed utilizzatore, ma più severo di quelle di cifra 7	 In accordo tra costruttore ed utilizzatore, ma più severo di quelle di cifra 7	 In accordo tra costruttore ed utilizzatore, ma più severo di quelle di cifra 7	 In accordo tra costruttore ed utilizzatore, ma più severo di quelle di cifra 7	 In accordo tra costruttore ed utilizzatore, ma più severo di quelle di cifra 7

CONTATTI INDIRETTI

Protezione contro i contatti indiretti:

- Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione:

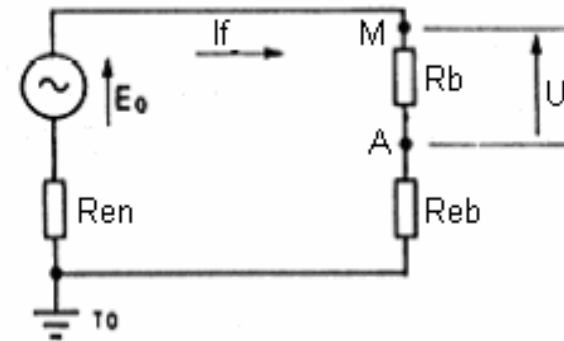
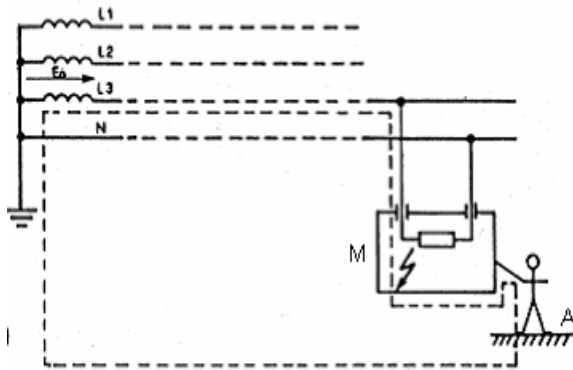
Questo tipo di protezione si fonda sull'esistenza dell'impianto elettrico di terra di protezione cui devono essere collegate le masse e le masse estranee dell'impianto elettrico utilizzatore, coordinato con interruttori automatici di massima corrente o differenziali.

In pratica, quando per un guasto dell'isolamento, una massa entra in contatto con una parte attiva dell'impianto, deve intervenire un interruttore automatico che interrompa l'alimentazione in modo da contenere il valore di tensione sulle masse e il tempo di permanenza nei limiti della curva di sicurezza IEC364.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

CONTATTI INDIRETTI

Studio del caso di guasto dell'isolamento principale di un'apparecchiatura senza messa a terra.(sistema TT)

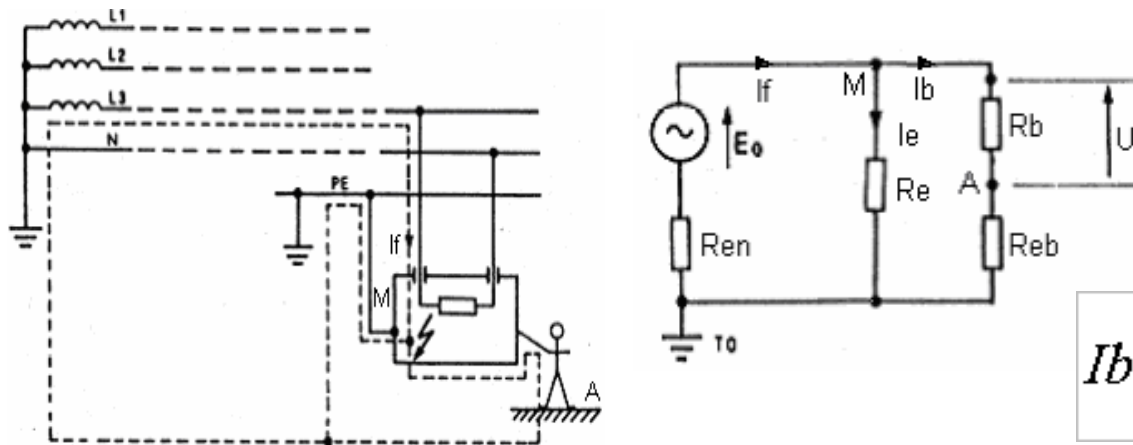


- ($E_0 = U$ fase a vuoto, $R_b = R_{Body}$, $R_{eb} = R_{Earth-Body}$, $R_{en} = R_{Earth-Neutral}$ $I_f =$ corrente di guasto, $U_t =$ tensione di contatto)
- Valori di corrente e tensione di contatto alti, tensione di contatto a vuoto pari a tensione di fase.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE
 PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

CONTATTI INDIRETTI

Studio del caso di guasto dell'isolamento principale di un'apparecchiatura dotata di sola messa a terra

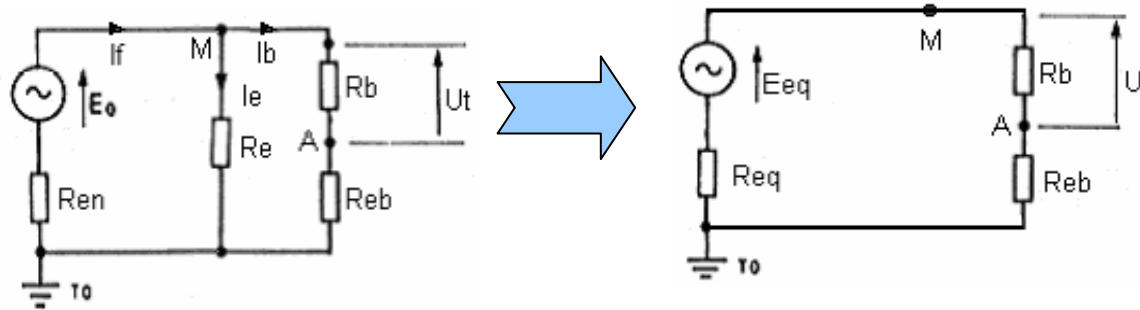


$$I_b = I_f \cdot \frac{R_e}{R_e + R_b + R_{eb}}$$

($E_0 = U$ fase a vuoto, $R_e = R$ imp.terra, $R_b = R_{Body}$, $R_{eb} = R_{Earth-Body}$, $R_{en} = R_{Earth-Neutral}$ $I_f =$ corrente di guasto, $U_t =$ tensione di contatto)

CONTATTI INDIRETTI

Per determinare la tensione di contatto U_t si può studiare l'equivalente di Thevenin:



$$R_{eq} = \frac{R_e \cdot R_{en}}{R_e + R_{en}}$$

$$E_{eq} = E_0 \cdot \frac{R_e}{R_e + R_{en}}$$

da cui si ha che:

$$U_t = E_{eq} \cdot \frac{R_b}{R_b + R_{eb} + R_{eq}} \cong E_{eq} \cdot \frac{R_b}{R_b + R_{eb}}$$

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

$$U_t = E_{eq} \cdot \frac{R_b}{R_b + R_{eb} + R_{eq}} \cong E_{eq} \cdot \frac{R_b}{R_b + R_{eb}}$$

Quindi U_t risulta più bassa infatti $E_{eq} < E_o$, tanto più quanto minore è il rapporto: $R_e / (R_e + R_{en})$, per cui non potendo garantire il valore di R_{en} (competenza del fornitore) il sistema risulta efficace se R_e è bassa.

La tensione di contatto a vuoto è $U_{st} = E_{eq}$. Il suo valore dipende dal rapporto R_e / R_{en} ($< 0,294$ per avere $U_{st} < 50V$). • ci vorrebbe una R di terra troppo bassa, bisogna associare l'interruttore automatico.

CONTATTI INDIRETTI

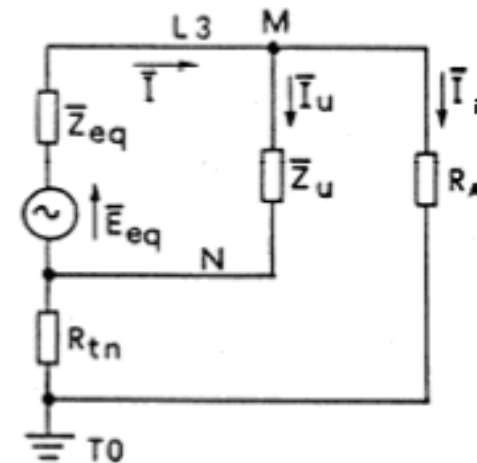
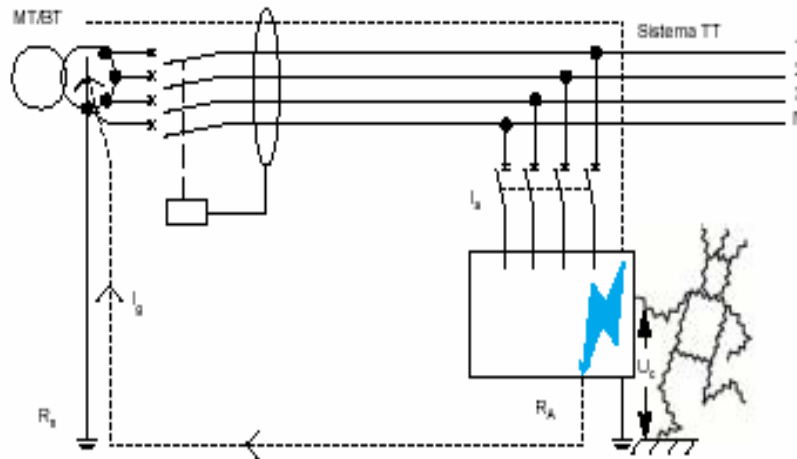
Studio della protezione contro i contatti indiretti mediante interruzione automatica dell'alimentazione (imp. di terra e interruttore automatico), si attua nella pratica in modo diverso a seconda del sistema di distribuzione in esame.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

Infatti sono diverse le correnti in gioco e i circuiti in gioco:

Caso sistema T-T

In questo caso, assumendo $R_A = R_{PE} + R_E$, la tensione di contatto a vuoto è pari a : $U_{ST} = R_A I_f$, supponendo a favore di sicurezza, che $I_f = I$ e quindi $U_{ST} = R_A I$.



TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

CONTATTI INDIRETTI

La norma CEI 64-8 fa riferimento a una corrente I_a del dispositivo di protezione, e chiede di soddisfare la condizione:

$$R_A \cdot I_a \leq 50V \text{ (25V)} \text{ con } \begin{cases} I_a = I_{\Delta n} & \text{corrente nominale differenziale, per interruttori differenziali} \\ I_a = I_{\Delta 5s} & \text{corrente di intervento entro 5s, per dispositivi a tempo inverso} \\ I_a = I_{\Delta ist} & \text{I minima di scatto istantaneo, per dispositivi a scatto istantaneo} \end{cases}$$

Tale condizione, considerando i valori tipici di R_A e la possibilità del suo degrado nel tempo, è praticabile e affidabile solo utilizzando l'interruttore differenziale.

TRASMISSIONE DISTRIBUZIONE UTILIZZAZIONE PROTEZIONE DEGLI UTILIZZATORI

CONTATTI INDIRETTI

- ❑ Protezione senza interruzione automatica dell'alimentazione
- ❑ Componenti in classe II o isolamento equivalente.
- ❑ Separazione elettrica.
- ❑ Locali isolanti.
- ❑ Locali resi equipotenziali e non connessi a terra.

