

**ADVICE IN CHOOSING A CABLE
SUGGERIMENTI PER SCEGLIERE UN CAVO**

Introduction.

The connecting cables must be chosen on the bases of their length, the load sinking current, the working voltage, the ambient conditions, the application type and the cable materials characteristics. In the following pages you can find much information regarding cable description and choice. The most used types of cable for industrial automation are listed in the section "Index".

Introduzione.

I cavi di collegamento devono essere scelti in base alla loro lunghezza, alla corrente assorbita dal carico, alla tensione di lavoro, alle condizioni dell'ambiente, al tipo di applicazione e alle caratteristiche dei materiali. In questa sezione è possibile trovare molte informazioni per la definizione e la scelta del cavo. Più avanti, nella sezione "Indice" sono elencate le tipologie di cavo più usate per automazione industriale.

Conductor Section. AWG and mm² Conversion.

American Wire Gauge (AWG) is the wire measurement system used by the United States and Canada, while mm² is the metric system of measurement.

The table in the centre shows the conversion for small and medium diameters.

The third column suggests the nearest section to the IEC standard.

AWG	mm ²	mm ² standard
30	0,0507	
28	0,0804	
26	0,128	0,14
24	0,205	0,25
22	0,324	0,34
20	0,519	0,5
19	0,653	
18	0,823	0,75
17	1,04	1
16	1,31	
15	1,65	1,5
14	2,08	
13	2,63	2,5
12	3,31	
11	4,17	4
10	5,26	
9	6,63	6
8	8,37	
7	10,6	10
6	13,3	
5	16,8	16
4	21,2	
3	26,7	25
2	33,6	35
1	42,4	
1/0	53,5	50
2/0	67,4	70
3/0	85	95
4/0	107	120

Sezione dei Conduttori. Conversione AWG e mm².

American Wire Gauge (AWG) è il sistema di misura dei conduttori usato da USA e Canada, mentre mm² è il sistema di misura metrico.

La tabella a fianco riporta la conversione per i diametri piccoli e medi.

La terza colonna suggerisce la sezione più vicina alle norme IEC.

Conductor Class and Flexibility.

The copper conductor is made up of many small diameter threads. The IEC 60228 norm classifies conductors according to the diameter of the threads by which they are composed. The norm does not establish the number, but only the maximum diameter of each thread and the total maximum resistance starting from section 0,50 mm²; the table shows the most common commercial versions (number x diameter in mm). Class 6 conductors have an excellent flexibility and are suitable for mobile installations, see also paragraph "Mobile Laying Cables".

mm ²	class 2	class 5	class 6
0,14			18x0,10
0,25	8x0,20	14x0,15	32x0,10
0,34	7x0,25	19x0,15	42x0,10
0,5	7x0,30	16x0,20	28x0,15
0,75	7x0,37	24x0,20	42x0,15
1	7x0,43	32x0,20	56x0,15
1,5	7x0,52	30x0,25	84x0,15
2,5	7x0,67	50x0,25	140x0,15
4	7x0,85	56x0,30	224x0,15
6	7x1,05	84x0,30	192x0,20
10	7x1,35	80x0,40	320x0,20
16	7x1,70	128x0,40	512x0,20
25	7x2,13	200x0,40	800x0,20
35	7x2,52	280x0,40	1120x0,20
50	19x1,83	400x0,40	705x0,30
70	19x2,17	356x0,50	990x0,30
95	19x2,52	485x0,50	1340x0,30

Classe dei Conduttori e Flessibilità.

Il conduttore di rame è formato da numerosi fili di piccolo diametro. La norma IEC 60228 classifica i conduttori in base al diametro dei fili che li compongono. La norma non stabilisce il numero, ma solo il diametro massimo dei singoli fili e la resistenza massima totale a partire da sezione 0,50 mm²; la tabella mostra le versioni commerciali più comuni (numero x diametro in mm). I conduttori classe 6 hanno un'ottima flessibilità e sono adatti per posa mobile, vedere anche paragrafo "Cavi in Posa Mobile".

Colours Abbreviation.

IEC 60757 norm indicates the international abbreviation for conductor colours as shown to the side.




colours	IEC 60757	colori
black	BK	nero
brown	BN	marrone
red	RD	rosso
orange	OG	arancio
yellow	YE	giallo
green	GN	verde
blue	BU	blu
violet	VT	viola
grey	GY	grigio
white	WH	bianco
pink	PK	rosa
turquoise	TQ	turchese

Abbreviazione Colori.

La norma IEC 60757 stabilisce l'abbreviazione internazionale per i colori dei conduttori come riportato a fianco.





IEC 60446 (HD 308 S2, withdrawn) colours table for power cables 2 or 2+G

Tabella colori IEC 60446 (HD 308 S2, ritirata) per cavi di potenza 2 o 2+T

brown	bn	1		marrone
blue	bu	2		blu
green / yellow	gn/ye	3		giallo / verde






IEC 60446 (HD 308 S2, withdrawn) colours table for power cables 3 or 3+G

Tabella colori IEC 60446 (HD 308 S2, ritirata) per cavi di potenza 3 o 3+T

brown	bn	1		marrone
grey	gy	2		grigio
black	bk	3		nero
green / yellow	gn/ye	4		giallo / verde

IEC 60446 (HD 308 S2, withdrawn) colours table for power cables 4 or 4+G

Tabella colori IEC 60446 (HD 308 S2, ritirata) per cavi di potenza 4 o 4+T

brown	bn	1		marrone
grey	gy	2		grigio
black	bk	3		nero
blue	bu	4		blu
green / yellow	gn/ye	5		giallo / verde













































IEC 60947-5-2 colours table for sensors from 2 to 5 wires

Tabella colori IEC 60947-5-2 per sensori da 2 a 5 conduttori

brown	bn	1		marrone
blue	bu	2		blu
black	bk	3		nero
white	wh	4		bianco
grey or green / yellow	gy gn/ye	5		grigio o giallo / verde

IEC 60304 colours table for multiconductor cables same of DIN 47100 (withdrawn) up to 44 colours

Tabella colori IEC 60304 per cavi multiconduttori uguale a DIN 47100 (ritirata) fino a 44 colori

white	wh	1		bianco
brown	bn	2		marrone
green	gn	3		verde
yellow	ye	4		giallo
grey	gy	5		grigio
pink	pk	6		rosa
blue	bu	7		blu
red	rd	8		rosso
black	bk	9		nero
violet	vt	10		viola
grey/pink	gy/pk	11		grigio/rosa
red/blue	rd/bu	12		rosso/blu
white/green	wh/gn	13		bianco/verde
brown/green	bn/gn	14		marrone/verde
white/yellow	wh/ye	15		bianco/giallo
yellow/brown	ye/bn	16		giallo/marrone
white/grey	wh/gy	17		bianco/grigio
grey/brown	gy/bn	18		grigio/marrone
white/pink	wh/pk	19		bianco/rosa
pink/brown	pk/bn	20		rosa/marrone
white/blue	wh/bu	21		bianco/blu
brown/blue	bn/bu	22		marrone/blu
white/red	wh/rd	23		bianco/rosso
brown/red	bn/rd	24		marrone/rosso
white/black	wh/bk	25		bianco/nero
brown/black	bn/bk	26		marrone/nero
grey/green	gy/gn	27		grigio/verde
yellow/grey	ye/gy	28		giallo/grigio
pink/green	pk/gn	29		rosa/verde
yellow/pink	ye/pk	30		giallo/rosa
green/blue	gn/bu	31		verde/blu
yellow/blue	ye/bu	32		giallo/blu
green/red	gn/rd	33		verde/rosso
yellow/red	ye/rd	34		giallo/rosso
green/black	gn/bk	35		verde/nero
yellow/black	ye/bk	36		giallo/nero
grey/blue	gy/bu	37		grigio/blu
pink/blue	pk/bu	38		rosa/blu
grey/red	gy/rd	39		grigio/rosso
pink/red	pk/rd	40		rosa/rosso
grey/black	gy/bk	41		grigio/nero
pink/black	pk/bk	42		rosa/nero
blue/black	bu/bk	43		blu/nero
red/black	rd/bk	44		rosso/nero

Cable Maximum Voltage Rating and Mechanical Strength.

The maximum voltage depends on the material characteristics, the conductor insulation thickness and the outer sheath thickness. The insulation must be sufficiently resistant to prevent even accidental crushing situations, so different uses can have different requirements of project. Norms as UL and CSA (American), IEC (International) and EN (European) set values which are not always equal to each other and sometimes refer only to heavy employment, such as cables for power transmission.

For the transmission of signals inside industrial machinery, it is frequent to use reduced thickness which refers to commercial standards which are not supported by norms, such as cables LiYY and FROR. The advantage of using reduced thickness is particularly evident in the smaller volume occupied by bundles of cables. The reference nominal voltage is generally at least 300 V. On the market there are also low-cost cables in PVC, with extremely reduced thickness, which may not be compatible with the safety standards for specific applications; it is advisable to carefully evaluate the characteristics of the products.

The norm IEC 60204-1 (Machinery Safety) recommends the minimum section of the cables according to the application as well (see table 1). The norm allows smaller sections only if the mechanical protection is sufficiently guaranteed, for example with conduits.

Current-carrying Capacity. Ambient Air and Cable Temperature.

The current flow in a connector and in its cable generates heat, thus a temperature rise. Any connector or cable insulating material has a maximum safety temperature that should never be exceeded to ensure the stability of their mechanical properties.

After verifying the insulating material quality and the working ambient air temperature, the maximum current-carrying capacity permitted in the connector can be calculated in function of the terminals size and the conductors section.

Table 2 shows the maximum current values for a pvc cable (quality 70°C) with 2 or 3 wires without metal sheath, with copper conductors, employed for normal use and inserted into cable tray. For open air applications a current about 10% higher is admitted.

The ambient air temperature is measured around the cable, for example inside the cabinet or close to the machine interspaces. The right ambient air temperature is found after the normal functioning of the machine, under full load for a sufficient period of time, without taking into account the variations of the temperature due to heating of the cable. If the use does not require a higher temperature project, the conventional value of 40°C (IEC 60204-1) must be considered.

The table takes into account that in most of the machines not all cables are used simultaneously for long periods. In special cases (many wires used at the same time or high ambient air temperatures), a reduction factor of between 0,3 and 0,9 must be used to reflect the overheating of cables in the same group, otherwise verify that the temperature remains within the limits allowed. Particular attention must also be paid to vertical and limited ventilation routes.

Values and comments refer to IEC 60204-1 (Machinery Safety, edition October 2005) and IEC 60364-5-52 (Wiring Systems Security).

Current-carrying Capacity. Cable Voltage Drop.

Another important element of assessment is the length of the cable. Each meter of the cable causes a voltage drop proportional to the value of the current that runs through it, if $\cos\phi = 1$ we have: $V = I \times R$.

V = voltage drop, I = current, R = resistance of the cable. In the case of inductive loads (solenoid valves, motors, etc.) or with variable currents, the higher current peak must be considered to avoid even temporary loss of power, which could hinder the proper functioning of the equipment. The longer is the cable, the greater the voltage drop, the IEC allows maximum values drop from 3% to 5% of rated voltage. Greater values are admitted only for the current peaks (e.g.: engines starting), if they do not create functioning problems. To minimize the voltage drop the cable section should be increased. Here are some tables that can help to easily calculate the minimum theoretical cable section. See tables 3 and 4.

For example, an average continuous current 1 A with section 0,34 mm² and cable length 10 m generates a voltage drop of 1,3 V, which is approximately 5% of 24 V.

Tensione di Esercizio Massima e Resistenza Meccanica del Cavo.

La tensione massima dipende dalle caratteristiche dei materiali, dallo spessore dell'isolante dei conduttori e dallo spessore della guaina esterna. L'isolamento deve essere sufficientemente robusto per prevenire anche situazioni di schiacciamento accidentale, quindi impieghi diversi possono avere esigenze diverse di progetto. Le norme come UL e CSA (Americane), IEC (Internazionali) ed EN (Europee) stabiliscono dei valori non sempre uguali tra loro e spesso fanno riferimento solo a impieghi gravosi, come ad esempio cavi per trasmissione di potenza.

Per la trasmissione di segnali, all'interno di macchine industriali, è frequente l'utilizzo di spessori ridotti che fanno riferimento a standard commerciali non supportati da norme, come i cavi LiYY e FROR. Il vantaggio dell'utilizzo di spessori ridotti è soprattutto evidente nel minor volume occupato dai fasci di cavi. La tensione nominale di riferimento è generalmente minimo 300 V. Sul mercato esistono anche cavi di basso costo in pvc, con spessori estremamente ridotti, che potrebbero non essere compatibili con le norme di sicurezza per applicazioni specifiche; è consigliabile valutare con attenzione le caratteristiche dei prodotti.

La norma IEC 60204-1 (Sicurezza Macchine) consiglia la sezione minima dei cavi anche in base all'applicazione (v. tabella 1). La norma permette sezioni più piccole solo se la protezione meccanica è garantita sufficientemente, per esempio con guaine.

Portata di Corrente. Temperatura dell'Ambiente e del Cavo.

Il passaggio di corrente in un connettore e nel suo cavo genera calore e quindi un innalzamento di temperatura. Ogni materiale isolante del connettore e del cavo ha una temperatura massima di sicurezza che non deve mai essere superata per garantire la stabilità delle proprie caratteristiche meccaniche.

Dopo aver verificato la qualità del materiale isolante e la temperatura dell'ambiente di lavoro, la massima corrente ammessa nel connettore si può calcolare in funzione della dimensione dei contatti e della sezione dei conduttori.

La tabella 2 mostra i valori massimi per un cavo in pvc (qualità 70°C) con 2 o 3 fili, senza guaina metallica, con conduttori di rame, impiegato per uso normale e inserito in canalina. Per applicazioni in aria libera è ammessa una corrente superiore di circa il 10%.

La temperatura dell'ambiente è quella misurata intorno al cavo, per esempio all'interno dell'armadio o vicino alle intercapedini della macchina. La temperatura ambiente valida è rilevata dopo il normale funzionamento della macchina a pieno carico per un sufficiente periodo di tempo, senza tener conto delle variazioni di temperatura dovute al riscaldamento cavo stesso. Se l'utilizzo non richiede una temperatura di progetto più alta, si deve considerare il valore convenzionale di 40°C (IEC 60204-1).

La tabella tiene conto che nella maggior parte delle macchine non tutti i cavi sono utilizzati contemporaneamente per lunghi periodi. In casi particolari (parecchi fili utilizzati contemporaneamente o elevate temperature ambiente) si deve usare un fattore di riduzione compreso tra 0,3 e 0,9 per tenere conto del surriscaldamento dei cavi nello stesso gruppo, altrimenti verificare che la temperatura dell'isolante resti all'interno dei limiti permessi. Prestare inoltre particolare attenzione ai percorsi verticali e con limitata ventilazione.

I valori e i commenti fanno riferimento a IEC 60204-1 (Sicurezza Macchine edizione Ottobre 2005) e IEC 60364-5-52 (Sicurezza Impianti Elettrici).

Portata di Corrente. Caduta di Tensione sul Cavo.

Un altro importante elemento di valutazione è la lunghezza del cavo. Ogni metro di cavo provoca una caduta di tensione proporzionale al valore della corrente che lo attraversa, se $\cos\phi = 1$ si ha: $V = I \times R$.

V = caduta di tensione, I = corrente, R = resistenza del cavo. Nel caso di carichi induttivi (elettrovalvole, motori, ecc.) o comunque con correnti variabili si deve considerare il picco di corrente più alto per evitare anche temporanee perdite di potenza che potrebbero impedire il corretto funzionamento dell'apparecchiatura. Più è lungo il cavo, maggiore è la caduta di tensione; le norme IEC ammettono valori massimi di caduta dal 3% al 5% della tensione nominale. Valori maggiori sono ammessi solo per le correnti di spunto (es.: accensione motori), se non creano problemi di funzionamento. Per ridurre la caduta di tensione si deve aumentare la sezione del cavo. Di seguito alcune tabelle possono aiutare a calcolare facilmente la sezione minima teorica del cavo. Vedere tabelle 3 e 4.

Per esempio con corrente continua media 1 A, sezione 0,34 mm² e lunghezza cavo 10 m si genera una caduta di tensione di 1,3 V, che è circa il 5% di 24 V.

Table 1 – minimum cross section to ensure adequate mechanical strength, based on norm IEC 60204-1 – Machinery Safety
Tabella 1 – sezione minima per garantire resistenza meccanica adeguata, basata su norma IEC 60204-1 - Sicurezza Macchine

location luogo	application circuit circuito di applicazione	conductor or cable type tipo conduttore o cavo			
		single core unipolare	2 cores, shielded 2 poli, schermato	2 cores, no shielding 2 poli, senza schermo	over 2 cores oltre 2 poli
		mm ²			
without enclosure senza involucro	power potenza	1,0	0,75	0,75	0,75
	control comando	1,0	0,20	0,50	0,20
	data dati	--	--	--	0,08
enclosure protected protetto da involucro	power potenza	0,75	0,75	0,75	0,75
	control comando	0,20	0,20	0,20	0,20
	data dati	--	--	--	0,08

Table 2 – 2 or 3-wire pvc 70°C cables max current, for application on machinery (based on norm IEC 60204-1), if several circuits carry current at the same time, a reduction factor included between 0,3 and 0,9 must be used.

Tabella 2 - corrente max nei cavi con 2 o 3 fili in pvc 70°C per applicazioni su macchinari (basato su norma IEC 60204-1), se molti circuiti portano corrente contemporaneamente, si deve applicare un coefficiente di riduzione compreso tra 0,3 e 0,9.

ambient air temperature temperatura ambiente		10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
nominal section sezione nominale	mm ²	Ampere					
	0,128 mm ² (AWG 26)	4,2	3,8	3,4	3,0	2,4	1,7
	0,14 mm ²	4,4	4,1	3,6	3,2	2,6	1,8
	0,205 mm ² (AWG 24)	5,6	5,1	4,6	4,0	3,2	2,3
	0,25 mm ²	6,3	5,7	5,1	4,5	3,6	2,6
	0,34 mm ² (AWG 22)	7,5	6,9	6,2	5,4	4,4	3,1
	0,50 mm ² (AWG 20)	9,8	9,0	8,0	7,0	5,7	4,0
	0,75 mm ²	12,2	11,2	10,0	8,7	7,1	5,0
	0,823 mm ² (AWG 18)	12,8	11,7	10,5	9,1	7,4	5,2
	1,00 mm ² (AWG 17)	14,6	13,4	12,0	10,4	8,5	6,0
	1,31 mm ² (AWG 16)	17,1	15,7	14,0	12,2	9,9	7,0
	1,50 mm ²	18,3	16,8	15,0	13,1	10,7	7,5
	2,50 mm ² (AWG 13)	24,4	22,4	20,0	17,4	14,2	10,0
	4,00 mm ² (AWG 11)	32,9	30,2	27,0	23,5	19,2	13,5

Table 3 – max electrical resistance value of the cable (2 wires, back and forth) at the temperature in normal service in dc or ac with $\cos\phi = 1$
Tabella 3 - valore resistenza max del cavo (2 fili, andata e ritorno) alla temperatura in servizio normale in cc o ca con $\cos\phi = 1$

length - lunghezza		1 m	3 m	7 m	10 m	20 m	50 m
nominal section sezione nominale	mm ²	Ohm					
	0,14 mm ²	0,32	0,96	2,25	3,21	6,43	16,07
	0,25 mm ²	0,18	0,54	1,26	1,80	3,60	9,00
	0,34 mm ²	0,13	0,40	0,93	1,32	2,65	6,62
	0,50 mm ²	0,09	0,27	0,63	0,90	1,80	4,50
	0,75 mm ²	0,06	0,18	0,42	0,60	1,20	3,00
	1,00 mm ²	0,05	0,14	0,32	0,45	0,90	2,25
	1,50 mm ²	0,03	0,09	0,21	0,30	0,60	1,50
	2,50 mm ²	0,02	0,05	0,13	0,18	0,36	0,90
	4,00 mm ²	0,01	0,03	0,08	0,11	0,23	0,56

Table 4.1 - cable voltage drop, in dc or ac with $\cos\phi = 1$ and $I = 0,20$ mA (for example: sensor)
Tabella 4.1 - caduta di tensione sul cavo, in cc o ca con $\cos\phi = 1$ e $I = 0,20$ mA (per esempio: sensore)

length - lunghezza		1 m	3 m	7 m	10 m	20 m	50 m
nominal section sezione nominale	mm ²	Volt					
	0,14 mm ²	0,006	0,019	0,045	0,064	0,129	0,321
	0,25 mm ²	0,004	0,011	0,025	0,036	0,072	0,180
	0,34 mm ²	0,003	0,008	0,019	0,026	0,053	0,132

Table 4.2 - cable voltage drop, in dc or ac with $\cos\phi = 1$ and $I = 1$ A (for inductive loads consider the higher peak)
Tabella 4.2 - caduta di tensione sul cavo, in cc o ca con $\cos\phi = 1$ e $I = 1$ A (per carichi induttivi considerare il picco più alto)

length - lunghezza		1 m	3 m	7 m	10 m	20 m	50 m
nominal section sezione nominale	mm ²	Volt					
	0,14 mm ²	0,3	1,0	2,3	3,2	6,4	16,1
	0,25 mm ²	0,2	0,5	1,3	1,8	3,6	9,0
	0,34 mm ²	0,1	0,4	0,9	1,3	2,6	6,6
	0,50 mm ²	0,1	0,3	0,6	0,9	1,8	4,5
	0,75 mm ²	0,1	0,2	0,4	0,6	1,2	3,0
	1,00 mm ²	0,0	0,1	0,3	0,5	0,9	2,3
	1,50 mm ²	0,0	0,1	0,2	0,3	0,6	1,5
	2,50 mm ²	0,0	0,1	0,1	0,2	0,4	0,9
	4,00 mm ²	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,6

Table 4.3 - cable voltage drop, in dc or ac with $\cos\phi = 1$ and $I = 3$ A (for inductive loads consider the higher peak)
Tabella 4.3 - caduta di tensione sul cavo, in cc o ca con $\cos\phi = 1$ e $I = 3$ A (per carichi induttivi considerare il picco più alto)

length - lunghezza		1 m	3 m	7 m	10 m	20 m	50 m
nominal section sezione nominale	mm ²	Volt					
	0,14 mm ²	1,0	2,9	6,8	9,6	19,3	48,2
	0,25 mm ²	0,5	1,6	3,8	5,4	10,8	27,0
	0,34 mm ²	0,4	1,2	2,8	4,0	7,9	19,9
	0,50 mm ²	0,3	0,8	1,9	2,7	5,4	13,5
	0,75 mm ²	0,2	0,5	1,3	1,8	3,6	9,0
	1,00 mm ²	0,1	0,4	0,9	1,4	2,7	6,8
	1,50 mm ²	0,1	0,3	0,6	0,9	1,8	4,5
	2,50 mm ²	0,1	0,2	0,4	0,5	1,1	2,7
	4,00 mm ²	0,0	0,1	0,2	0,3	0,7	1,7

Fire Prevention.

Concerning the prevention of fires, for cables it is useful to make a clarification of terms often used in the commercial context: self-extinguishing, flame retardant, flame-resistant or non-flame-propagating are not official definitions that specify a particular level of quality. Looking at the norms texts, it can be said that the word "self-extinguishing" is often used when we refer to materials, for finished cables IEC (International Electrotechnical Committee) uses generally the term "non flame-propagating", instead CENELEC (EN European Norms Electrotechnical Committee) uses the words "flame" for a normal event and "fire" for a bigger size event.

The official definition both of *self-extinguishing* and *non-flame-propagating* is the following: "a component which is liable to ignite, as a result of an applied flame, but in which the flame does not propagate and which extinguishes itself within a limited time after the flame is removed".

The international norms that classify the behaviour of cables non-flame-propagating are IEC 60331 and IEC 60332. There are different tests depending on the materials used and the area where the cable will be applied. Some standards, such as IEC 60092 "Electrical installations on ships" and EN 50305 "Electrical installations for railways" can be useful to establish important precautions indoors and in crowded places. In these applications a high level of non-flame-propagation can be required, but also a low toxicity and smoke opacity (IEC 60332, IEC 60754-2 and IEC 61034-2).

Generally for electrical components with a mass of less than 100 g self-extinguishing is not required, but only the statement of the weight and the plastic used.

Several national organizations have since many years norms of their own, sometimes very strict, which make reference to the fire risk in the cables. These national standards sometimes are not yet fully harmonized with IEC international standards. Just for example we can name: UL1581 (USA), CEI 20-22 II (Italy), VDE 0472 (Germany), BS 6387 (UK) and NF C32-070 (France). These norms often create confusion to the user because of their different methods of classifying non-flame-propagating cables and it is difficult to compare one with each other.

Some details about the behaviour of the materials used:

PVC does not propagate the flame much and it extinguishes after the flame is removed, but this characteristic must be enhanced with additives to conform to the tests of some stricter norms. Moreover, we must not underestimate that PVC when burning emits dark and corrosive gases that can harm people and also machinery, even in areas not reached by fire.

Natural polyurethane burns, but with additives it meets non-flame-propagating norms. Some effective additives to make polyurethane self-extinguishing are halogens, but on the market there are also more expensive halogen free self-extinguishing polyurethanes.

Xlpe is a material widely used in the shipbuilding industry: in case of fire it does not propagate the flame and does not emit toxic or opaque fumes, but from the mechanical point of view it is not very flexible and not resistant to abrasion.

On request, other more specific materials can solve particular needs of size, temperature, mechanical strength and self-extinguishing.



Prevenzione Incendio.

In relazione alla prevenzione degli incendi, per i cavi è utile fare un chiarimento su termini spesso usati nel linguaggio commerciale: autoestinguente, ritardante la fiamma, resistente alla fiamma o non propagante la fiamma non sono definizioni ufficiali che specificano un grado più o meno elevato di qualità. Osservando i testi delle norme si può dire che la parola "autoestinguente" è spesso usata quando ci si riferisce ai materiali, per i cavi finiti IEC (Comitato Elettrotecnico Internazionale) usa generalmente il termine "non propagante la fiamma", invece CENELEC (Comitato Elettrotecnico Norme Europee EN) usa i termini "fiamma" per un evento normale e "incendio" per un evento di proporzioni maggiori.

La definizione ufficiale sia di autoestinguente sia di non propagante la fiamma è la seguente: "un componente che è suscettibile di prendere fuoco, se è applicata una fiamma, ma nel quale la fiamma non si propaga e si estingue in un tempo limitato dopo che la fiamma è rimossa".

Le norme internazionali che classificano il comportamento dei cavi non propaganti la fiamma sono le IEC 60331 e le IEC 60332. Sono richieste prove diverse in funzione dei materiali usati e del settore in cui sarà applicato il cavo. Alcune norme, come le IEC 60092 "Installazioni elettriche sulle navi" e EN 50305 "Installazioni elettriche per ferrovie" possono essere utili per stabilire le precauzioni importanti in ambienti chiusi e affollati. In queste applicazioni può essere richiesto un elevato livello di non propagazione della fiamma, ma anche una bassa tossicità e opacità dei fumi (IEC 60332, IEC 60754-2 e IEC 61034-2).

Generalmente per i componenti elettrici con massa inferiore a 100 g non è richiesta l'autoestinguenza, ma solo la dichiarazione del peso e della materia plastica impiegata.

Diverse organizzazioni nazionali hanno da parecchi anni delle norme proprie, a volte anche molto severe, che fanno riferimento al rischio incendio nei cavi. Queste norme nazionali non sono ancora completamente armonizzate con le norme internazionali IEC. Solo a titolo di esempio citiamo: UL1581 (USA), CEI 20-22 II (Italia), VDE 0472 (Germania), BS 6387-W (UK) e NF C32-070 (Francia). Poiché queste norme hanno metodi diversi per classificare i cavi non propaganti la fiamma, creano spesso confusione nell'utilizzatore ed è difficile compararle tra loro.

Alcuni dettagli sul comportamento dei materiali più usati:

Il PVC propaga poco la fiamma e si spegne quando la fiamma è rimos-

sa, ma questa sua caratteristica deve essere comunque aumentata con degli additivi per superare le prove più severe di alcune norme. Inoltre, non si deve sottovalutare il fatto che il pvc quando brucia emette dei fumi scuri e corrosivi che possono nuocere alle persone e danneggiare seriamente le macchine, anche nelle parti non raggiunte dal fuoco.

Il poliuretano naturale brucia, ma con degli additivi supera le norme di non propagazione della fiamma. Alcuni additivi efficaci per rendere autoestinguente il poliuretano sono alogeni, ma sul mercato esistono anche poliuretani più costosi autoestinguenti senza alogeni.

Xlpe è un materiale molto usato nel settore navale: in caso di incendio non propaga la fiamma e non emette fumi tossici o opachi, ma dal punto di vista meccanico è poco flessibile e poco resistente all'abrasione.

A richiesta, altri materiali più specifici possono risolvere delle esigenze particolari di dimensioni, temperatura, resistenza meccanica e autoestinguenza.

Signal Transmission Noises.

The electronic circuits of the installed parts on a machine often transmit signals and data that must be protected against electromagnetic disturbances. Unscreened cables act in the same way as antennas, attracting interferences from outside or radiating them. Electronic technology, international regulations and the need to install with low costs often close to power lines require a careful analysis of the problem.

Here is a list of the major disturbances, however it is quite common that different types can coexist simultaneously:

Electrostatic Interferences (ESI). Can be generated for example by the capacitive coupling with another circuit.

Electrostatic discharge (ESD). They can be generated for example by the rubbing of synthetic materials as fabrics, etc. The noise causes a current pulse on the cable, at low rise time, with frequencies up to 100 MHz.

Electromagnetic Interferences (EMI). Can be generated by power lines and inductive circuits such as solenoid valves, motors, transformers, etc. The current passage in the connection cables produces a variable magnetic field, which in turn induces currents and voltages in other nearby cables.

Radio frequencies (RFI). They can be generated by telephones, radio antennas, motors, transformers, fluorescent lights, etc.

Crosstalk. The noise is generated within the cable when two adjacent circuits (two pairs of wires) have low transversal impedance. The level of the noise is determined by the frequency of the signal, the length and the construction of the cable. The choice of the conductors insulating material and the twisting in pairs are the most common method to reduce this noise, for medium frequencies beyond 500 kHz the screening of individual pairs is also recommended. The best noise reduction for high frequencies is obtained with coaxial cables.

Common Mode Noise. The common mode noise is an unwanted signal measured between an electric circuit and a common arbitrary reference, usually the earth. It is often caused by different earth-potential in several points of the circuit.

Cable Shielding.

There are many shielding systems which must be chosen according to the noise which has to be minimized and to the use of the cable.

Foil screen. It consists of a laminated aluminium foil on a polyester tape wrapped between the conductors and the sheath. The tape ensures mechanical strength and the aluminium 100% coverage. A drainage copper wire is always added to facilitate connection to earth. The foil screen is a light and economic system, highly effective for ESI, ESD, RFI and crosstalk. Generally used when screening wires twisted in pairs. Less effective with EMI, not enough mechanically flexible and not suited to mobile laying.

Braid screen. It consists of a net of bare or tinned small copper wires between the conductors and the sheath. The coverage typically ranges from 80% to 95%. 100% cannot be obtained. Primarily used for EMI. Good results are got up to 100 kHz disturbances, over is better to use a combined screen.

Spiral screen. It consists of a copper wire spiralled between the conductors and the sheath. It has an excellent mechanical flexibility. From the shielding features point of view its efficiency is similar to the foil screen, although more modest. It creates problems for frequencies above 16 kHz (audio frequency), because the spiral winding causes an inducer effect. Normally used for audio cables: microphones, etc.

Combined screen. It consists of a braid screen + foil screen between the conductors and the sheath. Efficient for all kinds of noises, at any frequency. If the cable has to be used for mobile laying, it is advisable to replace the aluminium tape with a conductive textile.

Armouring. It consists of a braid of copper or steel small wires outside of the cable sheath. Generally used to reinforce the cable from thermal and mechanical point of view.

Superscreen. An optimized combination of braid screens, special foil screens and an accurate construction design allow obtaining high performances also at frequencies over 500 kHz.

Disturbi di Trasmissione Segnali.

I circuiti elettronici delle parti installate sulle macchine trasmettono spesso segnali e dati che devono essere protetti dai disturbi elettromagnetici. I cavi non schermati si comportano in un modo simile alle antenne, attraggono interferenze dall'esterno o le irradiano. La tecnologia elettronica, le normative internazionali e la necessità di installare con costi ridotti spesso in prossimità di linee di potenza rendono necessaria un'attenta analisi del problema.

Elenchiamo i principali disturbi, spesso comunque diversi tipi possono coesistere contemporaneamente:

Interferenze Elettrostatiche (ESI). Possono essere generate per esempio dall'accoppiamento capacitivo con un altro circuito.

Scariche Elettrostatiche (ESD). Possono essere generate per esempio da strofinamento di materiali sintetici come tessuti, ecc. Il disturbo causa sul cavo un impulso di corrente a basso tempo di salita, con frequenze fino a 100 MHz.

Interferenze Elettromagnetiche (EMI). Possono essere generate da linee di potenza e da circuiti induttivi come elettrovalvole, motori, trasformatori, ecc. Il passaggio della corrente nei cavi di collegamento crea un campo magnetico variabile, che a sua volta induce correnti e tensioni in altri cavi vicini.

Radiofrequenze (RFI). Possono essere generate da telefoni, antenne radio, motori, trasformatori, lampade fluorescenti, ecc.

Diافonia. Il disturbo si genera all'interno del cavo quando due circuiti adiacenti (due coppie di fili) hanno una bassa impedenza trasversale. L'entità del disturbo è determinata dalla frequenza del segnale, dalla lunghezza e dalla costruzione del cavo. La scelta del materiale per l'isolamento dei conduttori e la cordatura a coppie sono il metodo più comune per ridurre questo disturbo, per frequenze medie oltre i 500 kHz è consigliata anche la schermatura delle singole coppie. La migliore riduzione del disturbo per frequenze elevate si ottiene con i cavi coassiali.

Disturbo Common Mode. Il disturbo di modo comune è un segnale indesiderato misurato tra un punto del circuito elettrico e un riferimento comune arbitrario, solitamente la terra. Spesso è causato da potenziali di terra diversi nei vari punti del circuito.

Schermatura dei Cavi.

Esistono numerosi sistemi di schermatura che devono essere scelti in base al disturbo da ridurre e all'uso del cavo.

Schermo a foglio. Consiste in un foglio di alluminio laminato su un nastro di poliestere avvolto tra i conduttori e la guaina. Il nastro garantisce la robustezza meccanica e l'alluminio la copertura del 100%. Un filo di drenaggio di rame è sempre aggiunto per facilitare il collegamento a terra. Lo schermo a foglio è un sistema leggero ed economico, molto efficace per ESI, ESD, RFI e diafonia. Generalmente usato quando si deve schermare i fili cordati a coppie. Poco efficace con EMI, meccanicamente poco flessibile e non adatto alla posa mobile.

Schermo a treccia. Consiste in una maglia di piccoli fili di rame nudo o stagnato tra i conduttori e la guaina. La copertura tipica varia dal 80% al 95%, il 100% non è realizzabile. Molto utilizzato soprattutto per EMI. Si ottengono ottimi risultati con disturbi fino a 100 kHz, oltre è meglio usare uno schermo combinato.

Schermo a spirale. Consiste in un filo di rame avvolto a spirale tra i conduttori e la guaina. Ha un'ottima flessibilità meccanica. Dal punto di vista della caratteristica di schermatura dà dei risultati simili allo "schermo a foglio", anche se più modesti. Crea problemi a frequenze superiori a 16 kHz (frequenze audio), perché l'avvolgimento a spirale provoca un effetto induttore. Normalmente usato per i cavi audio: microfoni, ecc.

Schermo combinato. Consiste in uno schermo a treccia + uno schermo a foglio tra i conduttori e la guaina. Efficace per tutti i tipi di disturbi, a qualunque frequenza. Se il cavo deve essere usato in posa mobile, è utile sostituire il nastro di alluminio con un tessuto conduttivo.

Armatura. Consiste in una maglia di piccoli fili di rame o acciaio esterna alla guaina del cavo. Generalmente usata per rinforzare il cavo da un punto di vista termico e meccanico.

Superschermatura. Una combinazione ottimizzata di schermi a treccia, speciali schermi a foglio ed un accurato progetto di costruzione permettono di ottenere elevate prestazioni anche a frequenze oltre i 500 kHz.

Mobile Laying Cables.

With mobile installations it is advisable to use PUR cables, but at low to medium speeds and if there are no abrasion risks for the sheath, good results are also obtained with PVC.

If the cable is used in a mobile application it is very important to remember that the copper inside the cable can be bent many times without suffering any damage, but any stretching of the copper must be avoided. A typical example of harmful copper stretching is when the cable is curved between two points which are very close to each other and tightly restrained not letting the copper slide inside the insulation; in this case the copper suffers a stretch concentrated in the position of the curve that can quickly cause the wire to break.

Take up these advices:

With the use of a cable drag chain.

The cables must be placed parallel without overlapping inside the guide. Every cable should, if possible, have its own seat separated from the other. The free space in the seat should be 20% of the cable diameter. The cables must not be attached or bind to one another inside the guide. The utmost care must be made in ensuring the cables slide freely throughout the curve so as to avoid twisting or tension on the cable.

Without the use of a cable drag chain.

In cases where the length of the mobile cable is not very long and you choose not to use a cable drag chain: the cable must not be attached or bound to any element of the machine, it must be completely free to move throughout the curve and torsion or tension on the cable must be avoided. Sometimes it is useful to place the cable in a small plastic tube which should be hard but flexible (for example the tubes which are normally used for compressed air). This way it is possible to fix the tube leaving the cable free to move inside.

Use of spiral cable.

Shield can supply spiralled cable for small or large quantities. The spiral length can also be upon request.

Cavi in Posa Mobile.

Con applicazioni in posa mobile è preferibile usare cavi in PUR, ma per velocità non elevate e se non ci sono rischi di abrasione della guaina, si ottengono buoni risultati anche con il PVC.

Se il cavo è utilizzato in posa mobile è molto importante tenere presente che il rame all'interno del cavo può essere piegato moltissime volte senza subire danni, ma si deve evitare in modo assoluto di creare stiramenti al rame. Un esempio tipico di stiramento dannoso avviene se il cavo è piegato tra due punti, abbastanza vicini tra loro, vincolati in modo da non lasciar scorrere il rame all'interno dell'isolante; in questo caso il rame subisce uno stiramento concentrato nel punto di curvatura che porta in breve tempo alla rottura del conduttore. Adottare i seguenti suggerimenti:

Con utilizzo della catena portacavi.

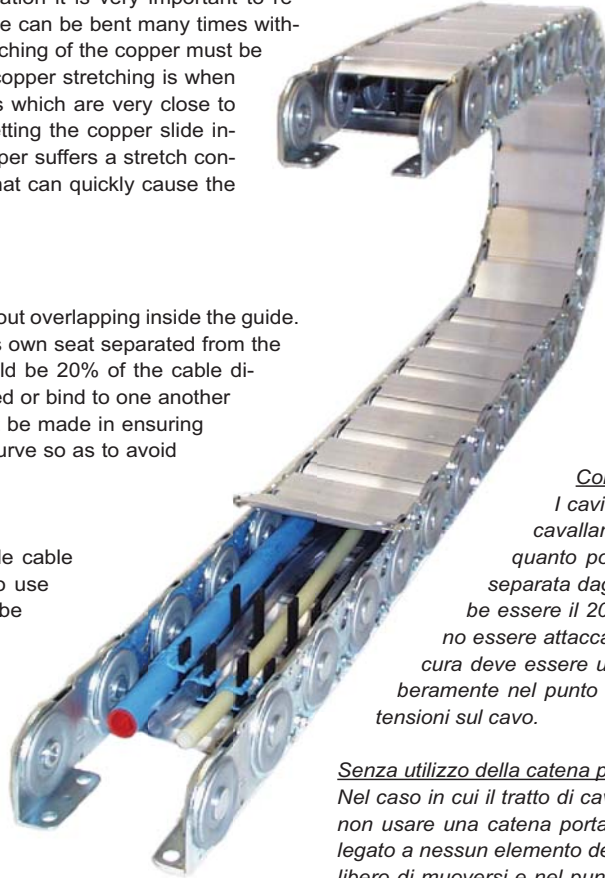
I cavi devono essere disposti paralleli senza accavallamenti all'interno della guida. Ogni cavo, per quanto possibile, dovrebbe avere una propria sede separata dagli altri. Lo spazio libero nella sede dovrebbe essere il 20% del diametro del cavo. I cavi non devono essere attaccati o legati tra loro nella guida. La massima cura deve essere usata per permettere ai cavi di muoversi liberamente nel punto di curvatura in modo da evitare torsioni o tensioni sul cavo.

Senza utilizzo della catena portacavi.

Nel caso in cui il tratto di cavo mobile non è molto lungo e si sceglie di non usare una catena portacavi: il cavo non deve essere attaccato o legato a nessun elemento della macchina, deve essere completamente libero di muoversi e nel punto di curvatura si devono evitare torsioni o tensioni sul cavo. Talvolta è utile inserire il cavo in un tubetto di plastica dura e flessibile (per esempio i tubi normalmente usati per l'aria compressa). In questo modo è possibile fissare il tubo lasciando libero il movimento del cavo all'interno.

Utilizzo di cavo a spirale.

Shield può fornire cavo a spirale per piccole o grandi quantità. La misura della spirale può essere anche a richiesta.



Connection of Cables in Mobile Laying Applications.

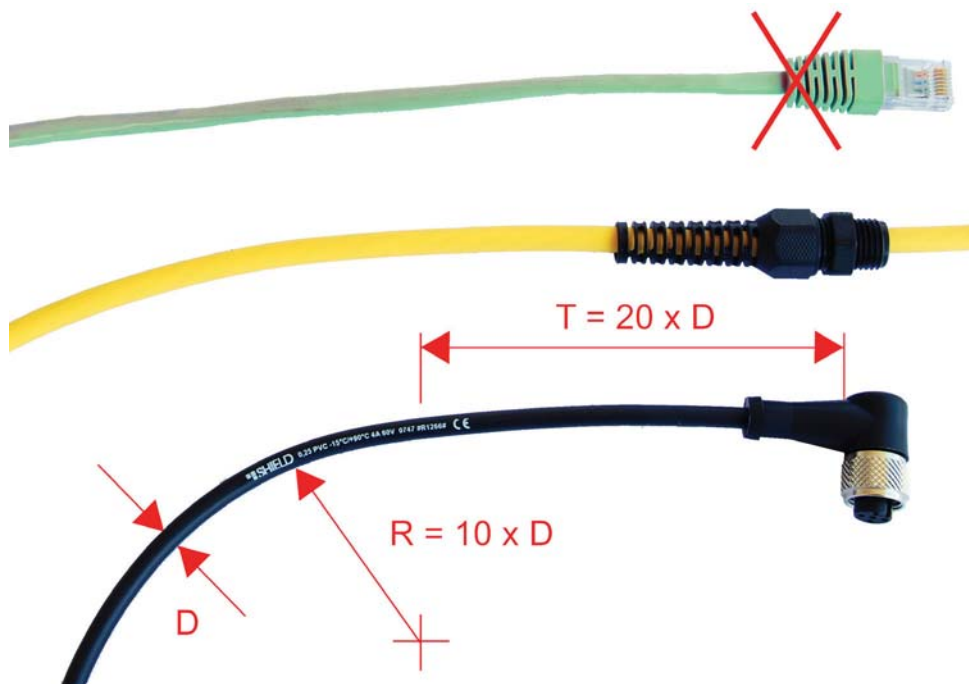
It is very important that the side of the connector where the cable exits is long enough and rigid enough to protect the internal wire connections. Connectors with an overly flexible body are inadvisable for mobile laying applications. They do not provide any significant advantage in the curving of the cable and on the contrary may suggest to the user a wrongful product installation.

Standard IEC 60204-1 (Machinery Safety) requires that the bending radius of a cable subject to movement be at least 10 times its diameter, the straight section between two bends or between a bend and the nearest fixed point or cable end shall be at least 20 times the diameter of the cable.

Any position where the cable is tightly restrained not letting the copper slide inside the insulation is to be considered as a fixed point.

Connessione dei Cavi in Posa Mobile.

È importante che il lato del connettore dove esce il cavo sia sufficientemente lungo e rigido per proteggere il punto interno di giunzione dei fili. Il connettore con il corpo troppo flessibile è sconsigliato per le applicazioni in posa mobile perché non dà un vantaggio reale alla piega del cavo, anzi può suggerire all'utilizzatore un impiego non corretto del prodotto. La norma IEC 60204-1 (Sicurezza Macchine) richiede che il raggio di curvatura di un cavo in movimento deve essere almeno 10 volte il suo diametro, il tratto diritto tra due curve o tra una curva e un punto fisso o l'inizio del cavo deve essere almeno 20 volte il diametro del cavo. Ogni punto in cui il cavo è vincolato in modo da non lasciar scorrere il rame all'interno dell'isolante è da considerare come un punto fisso.



For example:

if $D = 5 \text{ mm}$,

R , bending radius $\geq 10 \times D = 50 \text{ mm}$,

T , straight section between two bends $\geq 20 \times D = 100 \text{ mm}$.

Per esempio:

se $D = 5 \text{ mm}$,

R , raggio di curvatura $\geq 10 \times D = 50 \text{ mm}$,

T , tratto diritto tra due curve $\geq 20 \times D = 100 \text{ mm}$.

Abrasion.

PUR – If abrasion problems have to be prevented and mechanical robustness is necessary, the PUR cable with an appropriate sheath thickness is the best solution. On the market it is possible to find also materials defined as 'polyurethane compound' made of mixed pvc and pur, but they have a lower mechanical and chemical quality.

Silicone – Silicon has a very good behaviour at high and low temperature, but it is very weak when abrading and cutting.

FEP - Known also with the commercial name of Teflon®, it resists almost any chemical substance and has a very good mechanical robustness in a temperature range between -100°C and $+200^{\circ}\text{C}$. It is used only where strictly necessary because rather expensive.

Torsional Stress.

Generally, cables are not designed for torsional movements. In those cases where such torsions cannot be avoided Shield's Sales Support can suggest specific cables and installation arrangements to get good results.

Abrasione.

PUR – Se occorre robustezza meccanica e prevenire problemi di abrasione, il cavo in PUR con un adeguato spessore di guaina è la soluzione migliore. Sul mercato si possono trovare anche dei materiali definiti come 'mescola poliuretanic' composti da pvc e da pur mescolati tra loro, ma hanno inferiori qualità meccaniche e chimiche.

Silicone – Il silicone ha un ottimo comportamento alle temperature alte e basse, ma è un materiale molto debole all'abrasione e al taglio.

FEP - Il Fep, conosciuto anche con il nome commerciale Teflon®, resiste praticamente a qualsiasi sostanza chimica e ha un'ottima robustezza meccanica in un campo di temperature da -100°C a $+200^{\circ}\text{C}$. Usato solo dove strettamente necessario perché piuttosto costoso.

Sforzo di Torsione.

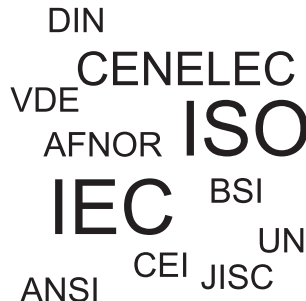
In generale, i cavi non sono progettati per movimenti con torsione. Nei casi in cui le torsioni non sono evitabili, il Servizio Commerciale Shield può consigliare dei cavi specifici e delle regole di installazione per ottenere buoni risultati.

National and International Norms.

Three organizations:
 ISO – International Standard Organization,
 IEC – International Electrotechnic Commission,
 ITU – International Telecommunication Union
 work together to harmonize the norms among the regional organizations, for example:
 CANENA - Council for the Harmonization of Electrotechnic Norms in the Nations of America;
 CENELEC European Committee for the Electrotechnic Normalization (issue EN norms).

Among the ISO members there are also many national organizations for mechanical norms, ex.: DIN(D), UNI(I), BSI(GB), ANSI(USA), AFNOR(F), JISC(J), etc.
 Among the IEC members there are also many national organizations for electrical norms, ex.: VDE(D), CEI(I), BSI(GB), ANSI(USA), UTE(F), SEV(CH), JICS(J), etc.

National norms are more often than not the simple implementation and translation of international norms.



Norme Internazionali e Nazionali.

Tre organizzazioni:
 ISO - Organizzazione per gli Standard Internazionali,
 IEC - Commissione Elettrotecnica Internazionale,
 ITU - Unione per la Telecomunicazione Internazionale
 lavorano insieme per armonizzare le norme tra le organizzazioni regionali, come ad esempio:
 CANENA - Consiglio per l'Armonizzazione delle Norme Elettrotecniche delle Nazioni delle Americhe,
 CENELEC - Comitato Europeo per la Normalizzazione Elettrotecnica (pubblica norme EN).

Tra i membri ISO ci sono anche molte organizzazioni nazionali per le norme meccaniche, come ad esempio: DIN(D), UNI(I), BSI(GB), ANSI(USA), AFNOR(F), JISC(J), ecc.
 Tra i membri IEC ci sono anche molte organizzazioni nazionali per le norme elettriche, come ad esempio: VDE(D), CEI(I), BSI(GB), ANSI(USA), UTE(F), SEV(CH), JICS(J), ecc.

Le norme nazionali sono sempre più di frequente il semplice recepimento e la traduzione delle norme internazionali.

Safety Marks and Certifications.

CSA - Canadian Standard Association carries out tests and issues safety marks for products sold in Canada.
 UL and UR - Underwriters Laboratories carries out tests and issues safety marks for products sold in the United States.
 cCSAus - homologation for Canada and USA issued by CSA.
 cULus and cURus - homologation for Canada and USA issued by UL.
 CE – Applying the mark CE the producer certifies that the product is in accordance with the EU directives. The CE directives describe the characteristics of the products in relation to the prevention from danger. SHIELD products conform to the following directives:
 2006/95/EC – Low voltage installation
 89/336/EC – Electromagnetic compatibility (EMC)
 89/392/EC- Machinery safety
 94/9/EC – Equipments for areas exposed to explosion danger (ATEX).



Certificazioni e Marchi di Sicurezza.

CSA – Canadian Standard Association, effettua prove e rilascia marchi di sicurezza per le merci vendute in Canada.
 UL – Underwriters Laboratories, effettua prove e rilascia marchi di sicurezza per le merci vendute negli Stati Uniti.
 cCSAus – omologazione per Canada e USA rilasciata da CSA.
 cULus e cURus - omologazioni per Canada e USA rilasciate da UL.
 CE – Applicando il marchio CE il produttore certifica che il proprio prodotto è conforme alle direttive dell'Unione Europea. Le direttive CE descrivono le caratteristiche dei prodotti in relazione alla prevenzione dei pericoli.
 I prodotti Shield rientrano nel campo delle seguenti direttive:
 2006/95/CE – Impianti elettrici a bassa tensione
 89/336/CE – Compatibilità elettromagnetica (EMC)
 89/392/CE – Sicurezza macchine
 94/9/CE – Apparecchiature per aree soggette a pericolo di esplosione (ATEX).

DESINA.

It is the abbreviation for "DistributEd and Standardised INstAllation technology" for machine tools and manufacturing systems. Desina is a fully comprehensive system intended to bring standardisation and decentralisation in the field of fluid technology and electrical installation of machinery and equipment.

The main Desina specifications for cables are the following:

- the sheath must be resistant to coolants and lubricants used in industry.
- designed for use on machines located in a hostile environment.
- sheaths colours have a specific meaning: orange for screened power lines, green for screened transmitter lines, violet for field bus, yellow for sensor and valves unscreened cable, black for appliances supply and grey for unscreened 24 V supply cable.



DESINA.

È l'abbreviazione di "Tecnologia di installazione standardizzata e distribuita" per macchine utensili e sistemi di produzione. Desina è un sistema globale inteso per portare la standardizzazione e la decentralizzazione nel campo della tecnica dei fluidi e della installazione elettrica negli impianti e nei macchinari.

I principali requisiti Desina per i cavi sono i seguenti:

- la guaina deve essere resistente ai refrigeranti e ai lubrificanti usati nell'industria.
- progettati per l'uso su macchine installate in ambienti ostili.
- i colori delle guaine hanno un significato specifico: arancio per linee di potenza schermate, verde linee di trasmissione schermate, viola per bus di campo, giallo per cavi non schermati di sensori e valvole, nero per alimentazione apparecchiature e grigio per cavi di alimentazione 24 V non schermati.

IP Degree According to IEC 60529.

The international norm "IEN60529 – Enclosures Protection Degree" classifies and defines the protections against the entrance of solid and liquid bodies. In the following the most important values of the classification are listed:

IP = Ingress Protection

X = the first digit refers to solid bodies.

2 = the jointed test finger of 12 mm diameter and 80 mm length shall not fully penetrate and must have adequate clearance from hazardous parts.

3 = a probe of 2,5 mm diameter shall not fully penetrate.

4 = a probe of 1 mm diameter shall not penetrate at all.

5 = ingress of dust is not totally prevented, but it shall not interfere with satisfactory operation of apparatus.

6 = max value, totally protected against dust.

Y = the second digit refers to liquids.

4 = water splashed against the enclosure from any direction shall have no harmful effects.

5 = a water jet sprayed from different directions on the housing from 2,5 meters distance for a total time of 3 minutes must not cause any damage.

6 = a high pressure water jet sprayed from different directions on the housing from 2,5 meters distance for a total time of 3 minutes must not cause any damage.

7 = immersion in water at least 1 meter deep for 30 minutes must not cause any damage.

8 = max value. Immersion in water at agreed conditions between producer and user must not cause any damage. The conditions must be more severe than those settled for digit 7.

IP Degree According to DIN 40050, part 9.

This German standard refers exclusively to road vehicles.

IP69K = A high pressure jet of water directed against the enclosure must not produce any damaging effects. For example: high pressure water jet or steam cleaner.

RoHS.

The European Directive 2002/95/EC (Restriction of Hazardous Substances Directive = RoHS) took effect on July 1, 2006 and restricts the use of certain hazardous materials in the manufacture of various types of electrical equipment; it is closely linked with the Directive 2002/96/EC (Waste Electrical and Electronic Equipment = WEEE) which sets collection and recycling targets for electrical goods and was issued with the target to solve the problem of huge amounts of waste generated by obsolete equipments.

RoHS limits the use of 6 substances:

Lead

Mercury

Cadmium

Hexavalent chromium (Chromium VI or Cr6+)

Polybrominated biphenyls (PBB)

Polybrominated diphenyl ether (PBDE).

All of the products made by Shield conforms the RoHS directive.

**Grado IP Secondo IEC 60529.**

La norma internazionale "IEC 60529 – Grado di Protezione degli Involucri" classifica e definisce la protezione contro l'ingresso di corpi solidi e di liquidi. Di seguito sono riportati i valori più elevati della classificazione:

IP = Ingress Protection

X = la prima cifra si riferisce ai corpi solidi.

2 = il dito di prova articolato con diametro 12 mm e lunghezza 80 mm non deve penetrare completamente e deve avere adeguata distanza dalle parti pericolose.

3 = un'asta con diametro 2,5 mm non deve penetrare completamente.

4 = un'asta con diametro 1 mm non deve penetrare affatto.

5 = la penetrazione di polvere non è totalmente esclusa, ma non deve nuocere al buon funzionamento dell'apparecchio.

6 = valore massimo possibile; totalmente protetto contro le polveri.

Y = la seconda cifra si riferisce ai liquidi.

4 = l'acqua spruzzata da tutte le direzioni non deve causare effetti dannosi.

5 = l'acqua proiettata con un getto da diverse direzioni sull'involucro da 2,5 metri di distanza per un tempo totale di 3 minuti non deve causare effetti dannosi.

6 = l'acqua proiettata con un getto a pressione elevata da diverse direzioni sull'involucro da 2,5 metri di distanza per un tempo totale di 3 minuti non deve provocare effetti dannosi.

7 = l'immersione in acqua ad almeno 1 metro di profondità per 30 minuti non deve causare effetti dannosi.

8 = valore massimo possibile. L'immersione in acqua a condizioni concordate tra produttore e utilizzatore non deve provocare effetti dannosi. Le condizioni devono essere più severe di quelle definite dalla cifra 7.

Grado IP Secondo DIN 40050, parte 9.

Questa norma tedesca fa riferimento solo ai veicoli su strada.

IP69K = l'acqua diretta a fortissima pressione contro l'involucro non deve provocare effetti dannosi. Per esempio: pulitrici a getto di acqua o vapore.

RoHS.

La direttiva europea 2002/95/CE (Restriction of Hazardous Substances Directive = RoHS) è entrata in vigore dal 1° luglio 2006 e impone restrizioni sull'uso di determinate sostanze pericolose nella costruzione di vari tipi di apparecchiature elettriche; è strettamente collegata alla direttiva 2002/96/CE (Waste Electrical and Electronic Equipment = WEEE) che regola la raccolta e il riciclaggio dei prodotti elettrici, emessa con lo scopo di risolvere il problema dell'enorme quantitativo di rifiuti generati dagli apparecchi obsoleti.

La RoHS limita l'uso di sei sostanze:

Piombo

Mercurio

Cadmio

Cromo esavalente (Cromo VI o Cr6+)

Bifenili polibromurati (PBB)

Etere di difenile polibromurato (PBDE).

Tutti i prodotti Shield sono conformi con la direttiva RoHS.

IP 68

IP 67

IP XY

IP65

IP 66