

20 Electrical tests after installation

Tests after installation are carried out when the installation of the cable and its accessories has been completed.

A d.c. oversheath test according to 20.1 is recommended and, if required, a test on the insulation according to 20.2. For installations where only the oversheath test according to 20.1 is carried out, quality assurance procedures during installation of accessories may, by agreement between the purchaser and the contractor, replace the insulation test.

20.1 D.C. voltage test of the oversheath

The voltage level and duration specified in Clause 5 of IEC 60229 shall be applied between each metal sheath or metallic screen and the ground.

For the test to be effective, it is necessary that the ground makes good contact with all of the outer surface of the oversheath. A conductive layer on the oversheath can assist in this respect.

20.2 Insulation test

20.2.1 AC testing

By agreement between the purchaser and the contractor, an a.c. voltage test at power frequency in accordance with item a) or b) below may be used:

- a) test for 5 min with the phase-to-phase voltage of the system applied between the conductor and the metallic screen/sheath;
- b) test for 24 h with the normal operating voltage of the system.

20.2.2 DC testing

As an alternative to the a.c. test, a d.c. test voltage equal to $4 U_0$ may be applied for 15 min.

NOTE 1 A d.c. test may endanger the insulation system under test. Other test methods are under consideration.

NOTE 2 For installations which have been in use, lower voltages and/or shorter durations may be used. Values should be negotiated, taking into account the age, environment, history of breakdowns and the purpose of carrying out the test.

Table 15 – Electrical type test requirements for insulating compounds

Designation of compounds (see 4.2)		PVC/B	EPR/ HEPR	XLPE
Maximum conductor temperature in normal operation (see 4.2)	°C	70	90	90
<i>Volume resistivity ρ *</i>				
– at 20 °C (see 18.2.1)	$\Omega \cdot \text{cm}$	10^{14}	–	–
– at maximum conductor temperature in normal operation (see 18.2.2)	$\Omega \cdot \text{cm}$	10^{11}	10^{12}	–
<i>Insulation resistance constant K_i *</i>				
– at 20 °C (see 18.2.1)	$\text{M}\Omega \cdot \text{km}$	367	–	–
– at maximum conductor temperature in normal operation (see 18.2.2)	$\text{M}\Omega \cdot \text{km}$	0,37	3,67	–
<i>Tan δ</i> (see 18.1.5)				
– tan δ at maximum conductor temperature in normal operation plus 5 °C up to 10 °C, maximum	$\times 10^{-4}$	–	400	40
* For unscreened cables according to items a) and b) of Clause 7, rated voltage 3,6/6 (7,2) kV for PVC, EPR and HEPR insulation.				

Tableau 16 – Essais de type non électriques
(voir les Tableaux 17 à 23)

Désignation des mélanges (voir 4.2 et 4.3)	Enveloppes isolantes				Gaines				
	PVC/B	EPR	HEPR	PR	PVC		PE		SE ₁
					ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇	
<i>Dimensions</i>									
Mesures des épaisseurs	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Propriétés mécaniques</i> (résistance à la traction et allongement à la rupture)									
Sans vieillissement	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Après vieillissement en étuve à air	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Après vieillissement des tronçons de câbles complets	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Après immersion dans l'huile chaude	–	–	–	–	–	–	–	–	x
<i>Propriétés thermoplastiques</i>									
Essai de pression à température élevée (pénétration)	x	–	–	–	x	x	–	x	–
Tenue à basse température	x	–	–	–	x	x	–	–	–
<i>Divers</i>									
Essai de perte de masse en étuve à air	–	–	–	–	–	x	–	–	–
Essai de chocs thermiques (fissuration)	x	–	–	–	x	x	–	–	–
Essai de résistance à l'ozone	–	x	x	–	–	–	–	–	–
Essai d'allongement à chaud	–	x	x	x	–	–	–	–	x
Essai de non-propagation de la flamme (s'il est prescrit)	–	–	–	–	x	x	–	–	x
Essai d'absorption d'eau	x	x	x	x	–	–	–	–	–
Stabilité thermique	x	–	–	–	–	–	–	–	–
Essai de rétraction	–	–	–	x	–	–	x	x	–
Mesure du taux de noir de carbone *	–	–	–	–	–	–	x	x	–
Détermination de la dureté	–	–	x	–	–	–	–	–	–
Détermination du module d'élasticité	–	–	x	–	–	–	–	–	–
Essai de pelabilité **									
Essai de pénétration d'eau ***									
NOTE x indique que l'essai de type est à appliquer.									
* Seulement pour les gaines extérieures de couleur noire.									
** A appliquer aux technologies de câble pour lesquelles le fabricant déclare que l'écran sur enveloppe isolante est pelable.									
*** A appliquer aux technologies de câble pour lesquelles le fabricant déclare avoir prévu des barrières empêchant la pénétration longitudinale de l'eau.									

Table 16 – Non-electrical type tests

(see Tables 17 to 23)

Designation of compounds (see 4.2 and 4.3)	Insulations				Sheaths				
	PVC/B	EPR	HEPR	XLPE	PVC		PE		SE ₁
					ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇	
<i>Dimensions</i>									
Measurements of thicknesses	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Mechanical properties</i>									
(tensile strength and elongation at break)									
Without ageing	x	x	x	x	x	x	x	x	x
After ageing in air oven	x	x	x	x	x	x	x	x	x
After ageing of pieces of complete cable	x	x	x	x	x	x	x	x	x
After immersion in hot oil	–	–	–	–	–	–	–	–	x
<i>Thermoplastic properties</i>									
Hot pressure test (indentation)	x	–	–	–	x	x	–	x	–
Behaviour at low temperature	x	–	–	–	x	x	–	–	–
<i>Miscellaneous</i>									
Loss of mass in air oven	–	–	–	–	–	x	–	–	–
Heat shock test (cracking)	x	–	–	–	x	x	–	–	–
Ozone resistance test	–	x	x	–	–	–	–	–	–
Hot set test	–	x	x	x	–	–	–	–	x
Flame spread test on single cables (if required)	–	–	–	–	x	x	–	–	x
Water absorption	x	x	x	x	–	–	–	–	–
Thermal stability	x	–	–	–	–	–	–	–	–
Shrinkage test	–	–	–	x	–	–	x	x	–
Carbon black content *	–	–	–	–	–	–	x	x	–
Determination of hardness	–	–	x	–	–	–	–	–	–
Determination of elastic modulus	–	–	x	–	–	–	–	–	–
Strippability test **									
Water penetration test ***									
NOTE x indicates that the type test is to be applied.									
* For black oversheaths only.									
** To be applied to those designs of cable where the manufacturer claims that the insulation screen is strippable.									
*** To be applied to those designs of cable where the manufacturer claims that barriers to longitudinal water penetration have been included.									

Tableau 17 – Exigences d'essai pour les propriétés mécaniques des mélanges pour enveloppes isolantes (avant et après vieillissement)

Désignation des mélanges (voir 4.2)		PVC/B	EPR	HEPR	PR
Température maximale de l'âme en service normal (voir 4.2)	°C	70	90	90	90
<i>Sans vieillissement</i> (CEI 60811-1-1, 9.1)					
Résistance à la traction, minimale	N/mm ²	12,5	4,2	8,5	12,5
Allongement à la rupture, minimal	%	125	200	200	200
<i>Après vieillissement en étuve à air</i> (CEI 60811-1-2, 8.1)					
Après vieillissement sans âme					
Traitement:					
– température	°C	100	135	135	135
– tolérance	°C	±2	±3	±3	±3
– durée	h	168	168	168	168
Résistance à la traction:					
a) valeur minimale après vieillissement	N/mm ²	12,5	–	–	–
b) variation *, maximale	%	±25	±30	±30	±25
Allongement à la rupture:					
a) valeur minimale après vieillissement	%	125	–	–	–
b) variation *, maximale	%	±25	±30	±30	±25
* Variation: différence entre la valeur médiane obtenue après vieillissement et la valeur médiane obtenue sans vieillissement, exprimée en pourcentage de cette dernière.					

Tableau 18 – Exigences d'essai pour les propriétés particulières des mélanges à base de PVC pour enveloppes isolantes

Désignation des mélanges (voir 4.2 et 4.3)		PVC/B
Emploi du mélange PVC		Enveloppe isolante
<i>Essai de pression à température élevée</i> (CEI 60811-3-1, Article 8)		
Température (tolérance ±2 °C)	°C	80
<i>Comportement à basse température *</i> (CEI 60811-1-4, Article 8)		
Essai effectué sans vieillissement préalable:		
– pliage à froid pour les diamètres de câble <12,5 mm	°C	–5
– température (tolérance ±2 °C)		
Elongation à froid sur éprouvettes haltères	°C	–5
– température (tolérance ±2 °C)		
<i>Essai de choc thermique</i> (CEI 60811-3-1, Article 9)		
Température (tolérance ±3 °C)	°C	150
Durée	h	1
<i>Stabilité thermique</i> (CEI 60811-3-2, Article 9)		
Température (tolérance ±0,5 °C)	°C	200
Durée minimale	min	100
<i>Absorption d'eau</i> (CEI 60811-1-3, 9.1)		
Méthode électrique:		
Température (tolérance ±2 °C)	°C	70
Durée	h	240
* Selon les conditions climatiques, les normes nationales peuvent prescrire une température plus basse.		

Table 17 – Test requirements for mechanical characteristics of insulating compounds (before and after ageing)

Designation of compounds (see 4.2)		PVC/B	EPR	HEPR	XLPE
Maximum conductor temperature in normal operation (see 4.2)	°C	70	90	90	90
<i>Without ageing</i> (IEC 60811-1-1, 9.1)					
Tensile strength, minimum	N/mm ²	12,5	4,2	8,5	12,5
Elongation-at-break, minimum	%	125	200	200	200
<i>After ageing in air oven</i> (IEC 60811-1-2, 8.1)					
After ageing without conductor					
Treatment:					
– temperature	°C	100	135	135	135
– tolerance	°C	±2	±3	±3	±3
– duration	h	168	168	168	168
Tensile strength:					
a) value after ageing, minimum	N/mm ²	12,5	–	–	–
b) variation*, maximum	%	±25	±30	±30	±25
Elongation-at-break:					
a) value after ageing, minimum	%	125	–	–	–
b) variation*, maximum	%	±25	±30	±30	±25
* Variation: difference between the median value obtained after ageing and the median value obtained without ageing expressed as a percentage of the latter.					

Table 18 – Test requirements for particular characteristics for PVC insulating compound

Designation of compound (see 4.2 and 4.3)		PVC/B
Use of the PVC compound		Insulation
<i>Pressure test at high temperature</i> (IEC 60811-3-1, Clause 8)		
Temperature (tolerance ±2 °C)	°C	80
<i>Behaviour at low temperature</i> * (IEC 60811-1-4, Clause 8)		
Test to be carried out without previous ageing:		
– cold bending test for diameter <12,5 mm		
– temperature (tolerance ±2 °C)	°C	–5
Cold elongation test on dumb-bells:		
– temperature (tolerance ±2 °C)	°C	–5
<i>Heat shock test</i> (IEC 60811-3-1, Clause 9)		
Temperature (tolerance ±3 °C)	°C	150
Duration	h	1
<i>Thermal stability</i> (IEC 60811-3-2, Clause 9)		
Temperature (tolerance ±0,5 °C)	°C	200
Minimum time	min	100
<i>Water absorption</i> (IEC 60811-1-3, 9.1)		
Electrical method:		
Temperature (tolerance ±2 °C)	°C	70
Duration	h	240
* Due to climatic conditions, national standards may require the use of a lower temperature.		

Tableau 19 – Exigences d'essai pour les propriétés particulières des divers mélanges réticulés pour enveloppes isolantes

Désignation des mélanges (voir 4.2)		EPR	HEPR	PR
<i>Essai de résistance à l'ozone</i> (CEI 60811-2-1, Article 8)				
Concentration en ozone (en volume)	%	0,025 à 0,030	0,025 à 0,030	–
Durée d'essai sans craquelures	h	24	24	–
<i>Essai d'allongement à chaud</i> (CEI 60811-2-1, Article 9)				
Traitement:				
– température de l'air (tolérance ± 3 °C)	°C	250	250	200
– temps sous charge	min	15	15	15
– contrainte mécanique	N/cm ²	20	20	20
Allongement maximal sous charge	%	175	175	175
Allongement permanent maximal après refroidissement	%	15	15	15
<i>Absorption d'eau</i> (CEI 60811-1-3, 9.2)				
Méthode gravimétrique:				
Température (tolérance ± 2 °C)	°C	85	85	85
Durée	h	336	336	336
Augmentation maximale de masse	mg/cm ²	5	5	1 *
<i>Essai de rétraction</i> (CEI 60811-1-3, Article 10)				
Distance <i>L</i> entre repères	mm	–	–	200
Température (tolérance ± 3 °C)	°C	–	–	130
Durée	h	–	–	1
Rétraction maximale	%	–	–	4
<i>Détermination de la dureté</i> (voir Annexe E)				
DIDC **, minimum		–	80	–
<i>Détermination du module d'élasticité</i> (voir 19.19)				
Module à 150 % d'allongement, minimal	N/mm ²	–	4,5	–
* Une augmentation supérieure à 1 mg/cm ² est à l'étude pour les masses volumiques de PR supérieures à 1 g/cm ³ .				
** DIDC: degrés internationaux de dureté du caoutchouc.				

Tableau 20 – Exigences d'essai pour les propriétés mécaniques des mélanges pour gaines (avant et après vieillissement)

Désignation des mélanges (voir 4.3)		ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇	SE ₁
Température maximale de l'âme en service normal (voir 4.3)	°C	80	90	80	90	85
<i>Sans vieillissement</i> (CEI 60811-1-1, 9.2)						
Résistance à la traction, minimale	N/mm ²	12,5	12,5	10,0	12,5	10,0
Allongement à la rupture, minimal	%	150	150	300	300	300
<i>Après vieillissement en étuve à air</i> (CEI 60811-1-2, 8.1)						
Traitement:						
– température (tolérance ± 2 °C)	°C	100	100	100	110	100
– durée	h	168	168	240	240	168
Résistance à la traction:						
a) valeur minimale après vieillissement	N/mm ²	12,5	12,5	–	–	–
b) variation *, maximale	%	± 25	± 25	–	–	± 30
Allongement à la rupture:						
a) valeur minimale après vieillissement	%	150	150	300	300	250
b) variation *, maximale	%	± 25	± 25	–	–	± 40
* Variation: différence entre la valeur médiane obtenue après vieillissement et la valeur médiane obtenue sans vieillissement, exprimée en pourcentage de cette dernière.						

**Table 19 – Test requirements for particular characteristics
of various thermosetting insulating compounds**

Designation of compounds (see 4.2)		EPR	HEPR	XLPE
<i>Ozone resistance</i> (IEC 60811-2-1, Clause 8) Ozone concentration (by volume)	%	0,025 to 0,030	0,025 to 0,030	–
Test duration without cracks	h	24	24	–
<i>Hot set test</i> (IEC 60811-2-1, Clause 9) Treatment: – air temperature (tolerance ± 3 °C) – time under load – mechanical stress	°C min N/cm ²	250 15 20	250 15 20	200 15 20
Maximum elongation under load	%	175	175	175
Maximum permanent elongation after cooling	%	15	15	15
<i>Water absorption</i> (IEC 60811-1-3, 9.2) Gravimetric method: Temperature (tolerance ± 2 °C) Duration	°C h	85 336	85 336	85 336
Maximum increase of mass	mg/cm ²	5	5	1 *
<i>Shrinkage test</i> (IEC 60811-1-3, Clause 10) Distance <i>L</i> between marks Temperature (tolerance ± 3 °C) Duration	mm °C h	– – –	– – –	200 130 1
Maximum shrinkage	%	–	–	4
<i>Determination of hardness</i> (see Annex E) IRHD **, minimum		–	80	–
<i>Determination of elastic modulus</i> (see 19.19) Modulus at 150 % elongation, minimum	N/mm ²	–	4,5	–
* An increase greater than 1 mg/cm ² is being considered for densities of XLPE greater than 1 g/cm ³ .				
** IRHD: international rubber hardness degree.				

**Table 20 – Test requirements for mechanical characteristics of sheathing compounds
(before and after ageing)**

Designation of compounds (see 4.3)		ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇	SE ₁
Maximum conductor temperature in normal operation (see 4.3)	°C	80	90	80	90	85
<i>Without ageing</i> (IEC 60811-1-1, 9.2) Tensile strength, minimum	N/mm ²	12,5	12,5	10,0	12,5	10,0
Elongation-at-break, minimum	%	150	150	300	300	300
<i>After ageing in air oven</i> (IEC 60811-1-2, 8.1) Treatment: – temperature (tolerance ± 2 °C) – duration	°C h	100 168	100 168	100 240	110 240	100 168
Tensile strength: a) value after ageing, minimum b) variation *, maximum	N/mm ² %	12,5 ± 25	12,5 ± 25	– –	– –	– ± 30
Elongation-at-break: a) value after ageing, minimum b) variation *, maximum	% %	150 ± 25	150 ± 25	300 –	300 –	250 ± 40
* Variation: difference between the median value obtained after ageing and the median value obtained without ageing expressed as a percentage of the latter.						

Tableau 21 – Exigences d'essai pour les propriétés particulières des mélanges à base de PVC pour gaines

Désignation des mélanges (voir 4.2 et 4.3)		ST ₁	ST ₂
Emploi du mélange PVC		Gaine	
<i>Perte de masse en étuve à air</i> (CEI 60811-3-2, 8.2) Traitement: – température (tolérance ± 2 °C) – durée Perte de masse maximale	°C h mg/cm ²	– – –	100 168 1,5
<i>Essai de pression à température élevée</i> (CEI 60811-3-1, Article 8) Température (tolérance ± 2 °C)	°C	80	90
<i>Comportement à basse température</i> * (CEI 60811-1-4, Article 8) Essai effectué sans vieillissement préalable: – pliage à froid pour les diamètres de câble <12,5 mm – température (tolérance ± 2 °C) Elongation à froid sur éprouvettes haltères: – température (tolérance ± 2 °C) Chocs mécaniques à froid: – température (tolérance ± 2 °C)	°C °C °C	–15 –15 –15	–15 –15 –15
<i>Essai de choc thermique</i> (CEI 60811-3-1, Article 9) Température (tolérance ± 3 °C) Durée	°C h	150 1	150 1
* Selon les conditions climatiques, les normes nationales peuvent prescrire une température plus basse.			

Tableau 22 – Exigences d'essai pour les propriétés particulières des mélanges à base de PE (polyéthylène thermoplastique) pour gaines

Désignation des mélanges (voir 4.3)		ST ₃	ST ₇
<i>Masse volumique</i> * (CEI 60811-1-3, Article 8)			
<i>Taux de noir de carbone</i> (uniquement pour les gaines extérieures de couleur noire) (CEI 60811-4-1, Article 11) Valeur nominale Tolérance	% %	2,5 $\pm 0,5$	2,5 $\pm 0,5$
<i>Essai de rétraction</i> (CEI 60811-1-3, Article 11) Température (tolérance ± 2 °C) Durée du chauffage Nombre de cycles thermiques Rétraction maximale	°C h %	80 5 5 3	80 5 5 3
<i>Essai de pression à température élevée</i> (CEI 60811-3-1, 8.2) Température (tolérance ± 2 °C)	°C	–	110
* La mesure de la masse volumique n'est requise que pour d'autres essais.			

**Table 21 – Test requirements for particular characteristics
for PVC sheathing compounds**

Designation of compound (see 4.2 and 4.3)		ST ₁	ST ₂
Use of the PVC compound		Sheath	
<i>Loss of mass in air oven</i> (IEC 60811-3-2, 8.2)			
Treatment:			
– temperature (tolerance ± 2 °C)	°C	–	100
– duration	h	–	168
Maximum loss of mass	mg/cm ²	–	1,5
<i>Pressure test at high temperature</i> (IEC 60811-3-1, Clause 8)			
Temperature (tolerance ± 2 °C)	°C	80	90
<i>Behaviour at low temperature</i> * (IEC 60811-1-4, Clause 8)			
Test to be carried out without previous ageing:			
– cold bending test for diameter <12,5 mm			
– temperature (tolerance ± 2 °C)	°C	–15	–15
Cold elongation test on dumb-bells:			
– temperature (tolerance ± 2 °C)	°C	–15	–15
Cold impact test:			
– temperature (tolerance ± 2 °C)	°C	–15	–15
<i>Heat shock test</i> (IEC 60811-3-1, Clause 9)			
Temperature (tolerance ± 3 °C)	°C	150	150
Duration	h	1	1
* Due to climatic conditions, national standards may require the use of a lower temperature.			

**Table 22 – Test requirements for particular characteristics
of PE (thermoplastic polyethylene) sheathing compounds**

Designation of compounds (see 4.3)		ST ₃	ST ₇
<i>Density</i> * (IEC 60811-1-3, Clause 8)			
<i>Carbon black content</i> (for black oversheaths only) (IEC 60811-4-1, Clause 11)			
Nominal value	%	2,5	2,5
Tolerance	%	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$
<i>Shrinkage test</i> (IEC 60811-1-3, Clause 11)			
Temperature (tolerance ± 2 °C)	°C	80	80
Heating, duration	h	5	5
Heating cycles		5	5
Maximum shrinkage	%	3	3
<i>Pressure test at high temperature</i> (IEC 60811-3-1, 8.2)			
Temperature (tolerance ± 2 °C)	°C	–	110
* The measurement of density is only required for the purpose of other tests.			

Tableau 23 – Exigences d'essai pour les propriétés particulières de mélanges élastomériques pour gaines

Désignation du mélange (voir 4.3)		SE ₁
<i>Essai d'immersion dans l'huile minérale suivi d'une détermination des propriétés mécaniques</i> (CEI 60811-2-1, Article 10 et CEI 60811-1-1, Article 9)		
Traitement: – température de l'huile (tolérance ± 2 °C) – durée	°C h	100 24
Variation * maximale de: a) résistance à la traction b) allongement à la rupture	% %	± 40 ± 40
<i>Essai d'allongement à chaud</i> (CEI 60811-2-1, Article 9)		
Traitement: – température (tolérance ± 3 °C) – temps sous charge – contrainte mécanique	°C min N/cm ²	200 15 20
Allongement maximal sous charge	%	175
Allongement permanent maximal après refroidissement	%	15
* Variation: différence entre la valeur médiane obtenue après traitement et la valeur médiane obtenue sans traitement, exprimée en pourcentage de cette dernière.		

**Table 23 – Test requirements for particular characteristics
of elastomeric sheathing compound**

Designation of compound (see 4.3)		SE ₁
<i>Oil immersion test followed by a determination of the mechanical properties</i> (IEC 60811-2-1, Clause 10 and IEC 60811-1-1, Clause 9) Treatment: – oil temperature (tolerance ± 2 °C) – duration Maximum variation * of: a) tensile strength b) elongation-at-break	°C h % %	100 24 ± 40 ± 40
<i>Hot set test</i> (IEC 60811-2-1, Clause 9) Treatment: – temperature (tolerance ± 3 °C) – time under load – mechanical stress Maximum elongation under load Maximum permanent elongation after cooling	°C min N/cm ² % %	200 15 20 175 15
* Variation: difference between the median value obtained after treatment and the median value without treatment, expressed as a percentage of the latter.		