

ANNEXE VI

Les mesures de protection électrique

1. Protection contre les court-circuits entre conducteurs de phases :

1.1 Protection par combiné interrupteur-fusible

Lorsque le courant de base est inférieur ou égal à 45 A, et lorsque la protection contre les court-circuits est assurée par un combiné interrupteur-fusible, le courant assigné des éléments de remplacement des fusibles à haute tension est choisi conformément aux indications des tableaux T1, T2, T3 et T4.

La puissance de base maximale admise pour un ou plusieurs transformateurs et protégé(s) par un combiné interrupteur-fusible est limitée comme suit :

630 kVA	pour une tension assignée de 12 kV
1000 kVA	pour une tension assignée de 17.5 kV
1250[2000(*)] kVA	pour une tension assignée de 36 kV

1.2 Protection par interrupteurs et fusibles à usage général

Lorsque le courant de base est inférieur à 200 A et la protection générale ou individuelle des transformateurs est assurée par un interrupteur associé à des fusibles, les tableaux T1, T2 et T3 permettent le choix des éléments de remplacement pour coupe-circuit à fusibles limiteurs de courant à haute tension, et ceux à basse tension correspondants pour la protection d'un seul transformateur.

Les tableaux T1, T2, T3 et T4 sont donnés dans la présente annexe à titre indicatif.

* A condition que l'appareil de coupure assure la coupure du courant à vide du (ou des) transformateur(s), sinon se limiter à la puissance de 1250 kVA ou utiliser un disjoncteur assurant la même fonction.

Tableau T1Tension nominale : $U_{IN} = 10 / 12$ kV, $U_{2N} = 400$ V

Transformateur			Calibre minimum (A)		Calibre maximum (A)	
<i>Puissance Nominale (kVA)</i>	<i>Courant Primaire (A)</i>	<i>Courant secondaire (A)</i>	<i>Fusible H.T</i>	<i>Fusible B.T</i>	<i>Fusible H.T</i>	<i>Fusible B.T</i>
25	1.4	36	6.3	31.5	6.3	40
40	2.3	58	6.3	50	10	63
50	2.9	72	6.3	63	10	80
63	3.6	91	6.3	80	12.5	100
80	4.6	115	8	100	16	125
100	5.8	144	8	125	20	160
125	7.2	180	10	160	25	200
160	9.2	231	12.5	200	31.5	250
200	11.5	290	16	250	40	315
250	14.4	360	20	315	50	400
315	18.2	455	25	500	63	500
400	23.3	576	31.5	500	80	630
500	29.9	720	40	-630	100	800
630	36.4	910	50	800	125	1000

Tableau T2Tension nominale : $U_{IN} = 15 / 17.5$ kV, $U_{2N} = 400$ V

Transformateur			Calibre minimum (A)		Calibre maximum (A)	
<i>Puissance Nominale (kVA)</i>	<i>Courant Primaire (A)</i>	<i>Courant secondaire (A)</i>	<i>Fusible H.T</i>	<i>Fusible B.T</i>	<i>Fusible H.T</i>	<i>Fusible B.T</i>
25	1.0	36	6.3	31.5	6.3	40
40	1.5	58	6.3	50	6.3	63
50	1.9	72	6.3	63	8	80
63	2.4	91	6.3	80	10	100
80	3.1	115	6.3	100	12.5	125
100	3.8	144	6.3	125	16	160
125	4.8	180	8	160	20	200
160	6.2	231	10	200	25	250
200	7.7	290	12.5	250	31.5	315
250	9.6	360	16	315	40	400
315	12.2	455	20	400	50	500
400	15.4	576	25	500	63	630
500	19.3	720	31.5	-630	80	800
630	24.3	910	40	800	100	1000
800	31.0	1160	50	1000	100	(*)
1000	38.5	1440	63	(*)	125	(*)

(*) Utiliser un disjoncteur

Tableau T3Tension nominale : $U_{IN} = 30 / 36 \text{ kV}$, $U_{2N} = 400 \text{ V}$

Transformateur			Calibre minimum (A)		Calibre maximum (A)	
<i>Puissance Nominale (kVA)</i>	<i>Courant Primaire (A)</i>	<i>Courant secondaire (A)</i>	<i>Fusible H.T</i>	<i>Fusible B.T</i>	<i>Fusible H.T</i>	<i>Fusible B.T</i>
25	0.5	36	6.3	31.5	6.3	40
40	0.8	58	6.3	50	6.3	63
50	1.0	72	6.3	63	6.3	80
63	1.2	91	6.3	80	6.3	100
80	1.5	115	6.3	100	6.3	125
100	1.9	144	6.3	125	8	160
125	2.4	180	6.3	160	10	200
160	3.1	231	6.3	200	12.5	250
200	3.8	289	6.3	250	16	315
250	4.8	360	8	315	20	400
315	6.1	455	10	315	25	500
400	7.7	576	12.5	500	31.5	630
500	9.6	720	16	630	40	800
630	12.2	910	20	800	50	1000
800	15.4	1160	25	1000	50	(*)
1000	19.3	1440	31.5	(*)	63	(*)
1250	24.0	1800	40	(*)	80	(*)
1600(**)	31.0	2310	50	(*)	100	(*)
2000(**)	38.5	2900	63	(*)	125	(*)

(*) Utiliser un disjoncteur

(**) A condition que l'appareil de coupure (interrupteur associé ou combiné interrupteur fusible) assure la coupure à vide du transformateur, sinon utiliser un disjoncteur assurant la même fonction.

Tableau T4

Élément de remplacement pour la protection générale par fusible HT

Puissance totale (kVA)	Un = 10 kV		Un = 15 kV		Un = 30 kV	
	calibre minimum (A)	calibre maximum (A)	calibre minimum (A)	calibre maximum (A)	calibre minimum (A)	calibre maximum (A)
50	6.3	10	6.3	8	6.3	6.3
63	6.3	12.5	6.3	10	6.3	6.3
80	8	16	6.3	12.5	6.3	6.3
100	8	20	6.3	16	6.3	8
125	10	25	8	20	6.3	10
160	12.5	31.5	10	25	6.3	12.5
200	16	40	12.5	31.5	6.3	16
250	20	50	16	40	8	20
315	25	63	20	50	10	25
400	31.5	80	25	63	12.5	31.5
500	40	100	31.5	80	16	40
630	50	125	40	100	20	50
800	63	125	50	-100	25	50
1000	80	160	63	125	31.5	63
1250	100	200	80	160	40	80
1600(*)	160	250	100	200	50	100
2000(*)	200	315	125	250	63	125

(*) A condition que l'appareil de coupure (interrupteur associé ou combiné interrupteur fusible) assure la coupure du courant à vide de base des transformateurs, sinon utiliser un disjoncteur assurant la même fonction.

Remarques :

1 Le choix entre le calibre minimum et maximum du fusible est en fonction de la zone critique du fusible et du courant minimal de coupure nominal.

2 En cas d'utilisation de disjoncteur B.T il faut s'assurer que le calibre du fusible HT choisi respecte bien la sélectivité avec les caractéristiques temps/courant des disjoncteurs BT installés.

1.3 Protection par disjoncteur :

Lorsque la protection du poste est assurée par disjoncteur, le réglage des déclencheurs ou des relais doit être tel que le courant minimal de court-circuit de l'installation à haute tension (I_{ccb}) provoque le fonctionnement du dispositif de protection dans un temps permettant d'assurer une sélectivité satisfaisante avec la protection du réseau d'alimentation à haute tension.

En outre, dans toute la mesure du possible, les appels de courant résultant de la mise sous tension des installations ne doivent pas provoquer de fonctionnement intempestif du dispositif de protection.

Ces deux conditions sont satisfaites si le courant de réglage est égal à la plus petite des deux valeurs suivantes :

$$0,8 I_{ccb} \quad \text{et} \quad 8 I_b$$

Toutefois, dans le cas d'installation correspondant à un courant de base important I_b , il peut être nécessaire d'adopter un courant de réglage inférieur à la plus petite des deux valeurs indiquées ci-dessus.

L'élimination du courant de court-circuit doit, en règle générale, être effectuée en 0,2 seconde au plus dans le cas d'une protection à temps indépendant (réseaux 10 et 15 kV). Cependant, dans le cas d'une protection à temps dépendant très inverse (réseau 30 kV), le courant de court-circuit (I_{cc} triphasé) doit provoquer le fonctionnement du dispositif de protection dans un temps permettant d'assurer une sélectivité satisfaisante avec la protection du réseau d'alimentation haute tension, cette sélectivité se traduit par un décalage de temporisation entre la protection du réseau et celle de l'utilisateur,

$$t > 0,3 \text{ seconde}$$

Un temps supérieur peut être admis si la tenue aux contraintes thermiques des matériels du réseau d'alimentation à haute tension permet une temporisation plus grande des protections ou si l'utilisateur dispose d'une alimentation qui lui est réservée.

Le réglage est effectué par le distributeur et est rendu inaccessible à l'utilisateur par plombage ou toute autre disposition. Les circuits d'alimentation et d'ouverture doivent être également rendus inaccessibles à l'utilisateur.

2. Protection contre les surcharges :

Cette protection est assurée :

- soit par un détecteur thermique sensible à la température maximale admissible pour les enroulements du transformateur ou le diélectrique liquide,
- soit par un relais ou déclencheur ampèremétrique installé côté basse tension.

Ces dispositifs peuvent commander soit la mise hors-charge du transformateur par action sur un dispositif de coupure côté basse tension, soit la mise hors-tension du transformateur par action sur un dispositif de coupure côté haute tension.

En outre, le transformateur peut être muni d'une protection contre les défauts internes, conformément aux indications des normes NT.88.161-1 à NT.88.161-5.

Par ailleurs, toutes les précautions doivent être prises pour assurer la sélectivité des protections en amont et à l'aval du transformateur.

3. Protection contre les courants de défaut à la terre :

Lorsque la somme des longueurs des circuits de liaison entre l'appareil de protection et le ou les transformateurs (longueur des circuits fonctionnant à la tension du réseau d'alimentation ou alimentés par l'intermédiaire d'auto transformateurs) est égale ou supérieure à 100 mètres ou lorsqu'il est fait usage d'une protection par relais indirect, il doit être prévu un système de protection contre les défauts à la terre.

L'appareil de coupure est soit un disjoncteur, soit un combiné interrupteur-fusibles.

Le courant de réglage du relais homopolaire doit être le plus faible possible et, en tout état de cause inférieur au courant de réglage du relais homopolaire du départ du distributeur.

Afin d'éviter des fonctionnements intempestifs de la protection générale, il y a lieu de régler le relais à une valeur légèrement supérieure :

a) au courant résiduel qui apparaît, en tenant compte du pourcentage de retour du relais, par suite de la capacité homopolaire des installations à haute tension, lors d'un défaut franc phase-terre survenant sur le reste du réseau haute tension.

b) au courant résiduel apparent qui résulte des écarts de leurs rapports, en particulier lors des régimes transitoires, s'il est alimenté par la somme des courants de trois transformateurs de courant.

Le relais homopolaire est associé à un relais de temps. L'ensemble est réglé par le distributeur et plombé, ses circuits d'alimentation et de déclenchement sont rendus inaccessibles à l'utilisateur.

Pour les 10 kV et 15 kV :

Comme pour la protection à maximum de courant, la temporisation de ce relais est réglée de manière que le courant de défaut soit éliminé en 0,2 seconde au plus.

Pour le 30 kV :

Le choix de la courbe du relais homopolaire est tel qu'il y ait une sélectivité avec les protections homopolaire situées en amont. Le réglage étant effectué par le distributeur et rendu inaccessible à l'utilisateur par le plombage.

4. Protection contre les surtensions :

4.1 Généralités

Les matériels électriques ne doivent pas pouvoir être soumis à des tensions supérieures à leur tension de tenue à fréquence industrielle et, s'il y a lieu, à leur tension de tenue au choc de foudre.

Les surtensions auxquelles peuvent être soumis les matériels électriques peuvent être :

- soit d'origine atmosphérique,
- soit dues à des manœuvres,
- soit dues à des phénomènes de résonance.

4.2 Appareillage de protection contre les surtensions

L'appareillage de protection contre les surtensions a pour objet de limiter les surtensions appliquées à l'appareillage du poste afin d'éviter l'apparition de défauts d'isolement.

Un poste alimenté par un réseau aérien peut comporter un ou plusieurs jeux de parafoudres à résistance variable ou à expulsion. Les parafoudres doivent être conformes aux normes NT 88.191 et NT 88.192.

Les parafoudres sont caractérisés par le fait qu'ils sont capables de limiter l'amplitude des surtensions d'origine atmosphérique et d'interrompre le courant de suite à fréquence industrielle. Ils réduisent le risque d'amorçage en retour avec la basse tension. Pour assurer une protection efficace du matériel, ils doivent être reliés au circuit de terre des masses du poste.

4.3 Limitation de la résistance de prise de terre

La limitation de la résistance de la prise de terre des masses du poste doit être telle que la tension apparaissant sur les masses du poste ne puisse provoquer un amorçage en retour avec la basse tension.

La protection contre les courants de foudre directs pouvant s'écouler par les masses du poste est assurée si la condition suivante est remplie :

- Pour les schémas TTN et ITN :

$$R_{pb} \leq \frac{U_{tbc}}{I_f}$$

- Pour les schémas TTS et ITS :

$$R_p \leq \frac{U_{tpc}}{I_f}$$

- Les schémas TNR et ITR dans lesquels l'ensemble de l'installation et des masses monte en potentiel, ne nécessitent pas de limitation de la résistance de la prise de terre, toutefois, pour limiter cette montée en potentiel, ainsi que les surtensions transmises au réseau HT, une valeur de 10 Ohms est recommandée pour cette prise de terre.

5. Protection complémentaire lorsque l'installation alimentée comporte une source autonome d'énergie électrique :

Lorsque les installations comportent une source autonome d'énergie électrique (ou un matériel susceptible de se comporter comme tel) celle-ci ne doit pas entraîner de perturbation sur le réseau d'alimentation.

Il doit en particulier être prévu, outre les protections indiquées aux paragraphes 1 et 2 et celle ayant pour objet de protéger la source autonome elle-même,

- soit une disposition des installations telle que la source autonome ne puisse en aucun cas fonctionner en parallèle avec le réseau d'alimentation,

- soit une protection "de découplage", déterminée en accord avec le distributeur, ayant pour but d'interrompre le fonctionnement en parallèle lors d'un défaut sur le réseau d'alimentation.

Dans ce deuxième cas, la commande de l'organe assurant le découplage doit se faire à minimum de tension. Le réglage de la protection est effectué par le distributeur et est rendu inaccessible à l'utilisateur par plombage ou toute autre disposition. Les circuits d'alimentation et d'ouverture doivent être également rendus inaccessibles à l'utilisateur.