



Manuel

Guide protection Suisse (GPS-CH)

Guide pour l'utilisation de systèmes de protection dans les réseaux électriques – Application pour la Suisse

GPS – CH 2020

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
Association des entreprises électriques suisses
Associazione delle aziende elettriche svizzere rau,

Téléphone +41 62 825 25 25, fax +41 62 825 25 26, info@electricite.ch, www.electricite.ch



Impressum et contact

Éditeur

Association des entreprises électriques suisses AES
Hintere Bahnhofstrasse 10
CH-5000 Aarau
Téléphone +41 62 825 25 25
Fax +41 62 825 25 26
info@electricite.ch
www.electricite.ch

Auteurs de la première édition (2011)

"Prénom Nom"	Entreprise	Fonction
Yann Gosteli	CKW	Membre du GT
Eric Stohrer	EBM	Membre du GT
Gerold Kuonen	BKW	Responsable du GT

Auteurs de la première révision (édition 2020)

"Prénom Nom"	Entreprise	Fonction
Werner Kälin	AXPO Grid AG	Membre du GT
Matthias Dietrich	BKW SA	Membre du GT
Yann Gosteli	CKW AG	Membre du GT
François Renaud	Swissgrid SA	Membre du GT
Gerold Kuonen	CFF SA	Membre du GT
Sven Heider	Eniwa AG	Membre du GT
Thomas Imark	Services municipaux de la ville de Winterthour	Membre de l'AG
Nicolas Junod	Romande Energie	Membre du GT
Andreas Gramm	WWZ Énergie SA	Membre du GT
Nicola Canepa	AET	Membre du GT
Bruno Wartmann	ewz	Responsable du GT
Patrick Bader	AES	Membre du GT

GT = groupe de travail

Responsabilité de la Commission

La Commission Technique des réseaux & exploitation de l'AES est désignée responsable de la tenue à jour et de l'actualisation du document.



Chronologie

Date	"Brève description"
Octobre 2010 – février 2011	Rédaction de la première version par le groupe de travail (GT)
Février 2011 – mai 2011	Consultation de la branche
17 novembre 2011	Approbation par le Comité de l'AES
Septembre 2018 – mai 2020	Révision de la première version par le groupe de travail (GT)
Juin 2020 – juillet 2020	Consultation de la branche
24 août 2020	Approbation par le Comité de l'AES

Ce document a été élaboré avec l'implication et le soutien de l'AES et de représentants de la branche.

L'AES a approuvé ce document à la date du 24 août 2020.

Imprimé n°1033-f, édition 2020

Copyright

© Association des entreprises électriques suisses AES

Tous droits réservés. L'utilisation des documents pour un usage professionnel n'est permise qu'avec l'autorisation de l'AES et contre dédommagement. Sauf pour usage personnel, toute copie, distribution ou autre usage de ces documents que celui prévu pour le destinataire est interdit. Les auteurs déclinent toute responsabilité en cas d'erreur dans ce document et se réservent le droit de le modifier en tout temps sans préavis.

Égalité linguistique entre femmes et hommes

Dans le souci de faciliter la lecture, seule la forme masculine est utilisée dans le présent document. Toutes les fonctions et les désignations de personnes s'appliquent toutefois tant aux femmes qu'aux hommes. Merci de votre compréhension.



Sommaire

Avant-propos	7
1. Introduction et champ d'application	8
2. Conditions fonctionnelles pour la technique de protection, les transformateurs et les disjoncteurs (complément au chapitre 2 du VDE/FNN)	8
2.1 Transformateur inductif de courant (section 2.3.1 du VDE/FNN)	8
2.2 Transformateur inductif de tension (section 2.3.2 du VDE/FNN)	8
2.3 Transformateur non conventionnel (section 2.3.4 du VDE/FNN)	9
2.4 Disjoncteurs (section 2.4 du VDE/FNN)	9
3. Régime de neutre des réseaux (chapitre 3 du VDE/FNN)	9
3.1 Réseau avec point neutre isolé (section 3.1 du VDE/FNN)	9
3.2 Réseau avec compensation du défaut à la terre (section 3.2 du VDE/FNN)	10
3.3 Réseau avec compensation partielle du défaut à la terre	10
3.4 Mise à la terre de résistance à haute impédance temporaire	11
4. Mode d'exploitation du réseau	11
4.1 État de commutation normal et spécial (section 4.5 du VDE/FNN)	11
5. Références normatives	12
5.1 Résistance aux courants de courts-circuits des moyens d'exploitation (section 5.1 du VDE/FNN)	12
5.2 Capacité des moyens d'exploitation (section 5.2 «Lignes aériennes» du VDE/FNN)	12
5.3 Codes de réseau, normes et directives des associations (sections 5.3 et 5.4 du VDE/FNN)	12
6. Propriétés des réseaux (chapitre 6 du VDE/FNN)	13
6.1 Réseaux à très haute tension 380 kV et 220 kV (section 6.1 du VDE/FNN)	13
6.2 Réseau haute tension >36 kV – < 220 kV (section 6.2 du VDE/FNN)	13
6.3 Réseau moyenne tension >1 kV – < 36 kV (section 6.3 du VDE/FNN)	14
7. Fonctions de protection	14
7.1 Protection à maximum de courant (7.1 du VDE/FNN)	14
7.2 Réenclenchement automatique (section 7.4 du VDE/FNN)	14
7.3 Détection du défaut à la terre / protection contre le défaut à la terre (section 7.5 du VDE/FNN)	15
7.4 Protection de la fréquence (section 7.7 du VDE/FNN)	16
7.5 Fonctions supplémentaires des dispositifs de protection numériques (section 7.8 du VDE/FNN)	16
7.5.1 Protection contre les défaillances des disjoncteurs (section 7.8.2 du VDE/FNN)	16
8. Principes de réglage de la protection (chapitre 8 du VDE/FNN)	16
8.1 Démarrage (section 8.1 du VDE/FNN)	16
8.1.1 Démarrage du seuil de courant $I_e >$ niveau (section 8.1.2.1 du VDE/FNN)	16
8.1.2 Démarrage par sous-impédance (électromécanique) (section 8.1.2.2 du VDE/FNN)	17
8.1.3 Fiabilité de l'excitation en cas de courts-circuits (section 8.1.3.2 du VDE/FNN)	17
8.2 Plan d'échelonnement (section 8.2 du VDE/FNN)	17
8.2.1 Principes relatifs au plan d'échelonnement (complément à la section 8.2.1 du VDE/FNN)	17
8.2.2 Temps d'échelonnement (section 8.2.2 du VDE/FNN)	17
8.2.3 Portée des zones: généralités (section 8.2.3 du VDE/FNN)	18
8.2.4 Portée des zones pour les réseaux à structure radiale (section 8.2.4 du VDE/FNN)	18
8.2.5 Portée des zones pour les lignes doubles (section 8.2.5 du VDE/FNN)	19



8.2.6	Portée des zones pour les réseaux maillés avec injection intermédiaire (section 8.2.6 du VDE/FNN)	19
9.	Dispositifs auxiliaires (chapitre 9 du VDE/FNN)	19
9.1	Alimentation en tension continue (section 9.1.1 du VDE/FNN)	19
10.	Raccordement et câblage des transformateurs de mesure (chapitre 10 du VDE/FNN)	19
10.1	Circuits des transformateurs de tension (section 10.2 du VDE/FNN)	19
11.	Protection des lignes et des câbles (chapitre 11 du VDE/FNN)	19
11.1	Protection des lignes à très haute tension (section 11.2 du VDE/FNN)	19
11.1.1	Protection des lignes à très haute tension avec doublement de la protection (section 11.2.2 du VDE/FNN)	19
11.1.2	Protection des lignes à très haute tension avec protection de réserve principale et locale (section 11.2.3 du VDE/FNN)	20
11.1.3	Protection des lignes à très haute tension pour lignes à doubles extrémités (section 11.2.4 du VDE/FNN)	20
11.2	Protection des lignes haute tension (section 11.3 du VDE/FNN)	20
11.2.1	Protection contre les courts-circuits haute tension pour lignes à doubles extrémités (section 11.3.1 du VDE/FNN)	20
	<i>Titre modifié: (Titre modifié)</i>	20
11.2.2	Protection contre les défauts à la terre sur les lignes haute tension	20
	<i>Nouveau chapitre:</i>	20
11.3	Protection des lignes moyenne tension (section 11.4 du VDE/FNN)	21
11.3.1	Protection des départs de lignes (section 11.4.1 du VDE/FNN)	21
11.3.2	Réseau à structure radiale (section 11.4.1.1 du VDE/FNN)	21
11.3.3	Lignes à alimentation bidirectionnelle (section 11.4.1.2 du VDE/FNN)	22
12.	Protection des transformateurs (chapitre 12 du VDE/FNN)	22
12.1	Protection des transformateurs avec $S_n > 100$ MVA (section 12.1 du VDE/FNN)	22
12.2	Protection des transformateurs avec S_n de 1 à 100 MVA avec côté basse tension > 1 kV (section 12.2 du VDE/FNN)	23
12.3	Protection des transformateurs au NR 6 (section 12.3 du VDE/FNN)	23
12.4	Tableau récapitulatif (section 12.4 du VDE/FNN)	24
12.5	Possibilités d'optimisation (section 12.7 du VDE/FNN)	24
13.	Protection des installations (chapitre 13 du VDE/FNN)	25
13.1	Protection contre les défaillances du disjoncteur (section 13.3 du VDE/FNN)	25
13.1.1	Protection contre les défaillances du disjoncteur dans les installations à très haute tension (section 13.3.1 du VDE/FNN)	25
14.	Protection des bobines de compensation et des bancs de condensateurs (chapitre 14 du VDE/FNN)	25
15.	Protection du système (protection de la fréquence)	25
16.	Protection au point de raccordement au réseau (chapitre 16 du VDE/FNN)	25
16.1	Protection des installations de production (section 16.1 du VDE/FNN)	25
17.	Détection des défauts à la terre (chapitre 17 du VDE/FNN)	25
17.1	Détection des défauts à la terre sur les réseaux reliés galvaniquement (section 17.1 du VDE/FNN)	25
17.2	Détection sélective des défauts à la terre (section 17.2 du VDE/FNN)	26



18.	Recommandation pour la mise en service et la maintenance des systèmes de protection (chapitre 18 du VDE/FNN)	26
18.1	Conditions-cadre pour la mise en service et la maintenance des systèmes de protection (section 18.1 du VDE/FNN)	26
18.2	Réception et mise en service des systèmes de protection (section 18.2 du VDE/FNN)	27
18.2.1	Vérifications mise en service (section 18.2.2 du VDE/FNN)	27
18.3	Vérifications mise en service (section 18.2.2 du VDE/FNN)	27
18.3.1	Tests secondaires (section 18.2.2.5.1 du VDE/FNN)	27
18.3.2	Tests primaires (section 18.2.2.5.2 du VDE/FNN)	27
18.3.3	Mesures lors de la mise en service (section 18.2.2.6 du VDE/FNN)	27
19.	Protection contre les défaillances du disjoncteur (AES)	28
20.	Annexe: références normatives	29
20.1	Législation à l'échelle fédérale	29
20.2	Documents de la branche AES	29
20.3	Normes IEC et EN	29

Liste des tableaux

Tableau 1:	Courants de court-circuit nominaux pour différentes tensions nominales	12
Tableau 2:	Récapitulatif des dispositifs de protection des transformateurs en fonction de la taille de ces derniers	24
Tableau 3:	Système de détection des défauts à la terre selon les différents régimes de neutre	26



Avant-propos

Le présent document est un document de la branche publié par l'AES. Il fait partie d'une large réglementation relative à l'approvisionnement en électricité sur le marché ouvert de l'électricité. Les documents de la branche contiennent des directives et des recommandations reconnues à l'échelle de la branche concernant l'exploitation des marchés de l'électricité et l'organisation du négoce de l'énergie, répondant ainsi à la prescription donnée aux entreprises d'approvisionnement en électricité (EAE) par la Loi sur l'approvisionnement en électricité (LApEI) et par l'Ordonnance sur l'approvisionnement en électricité (OApEI).

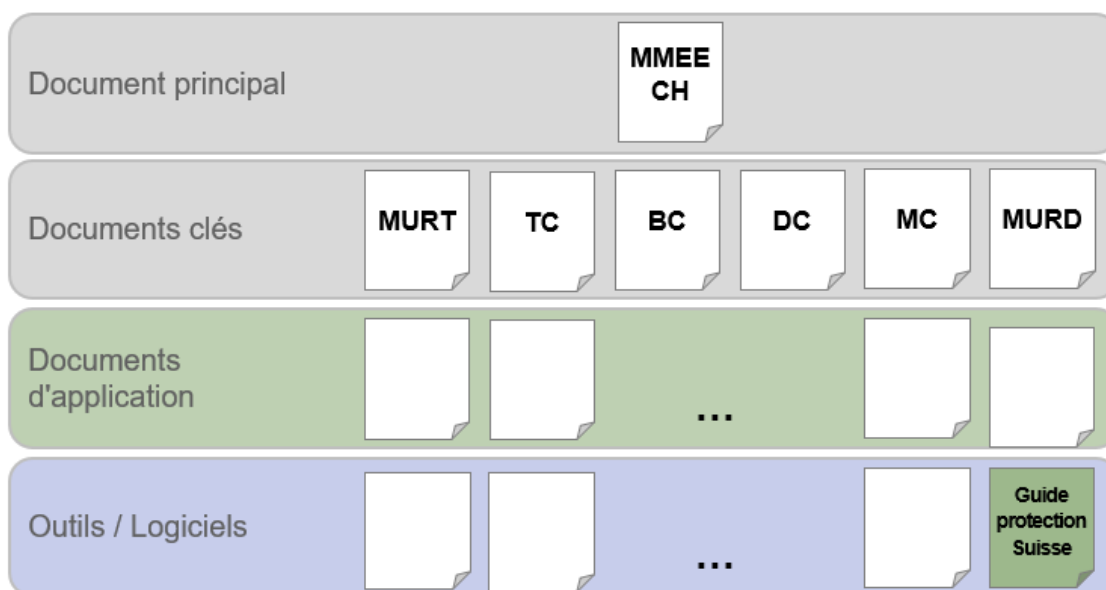
Les documents de la branche sont élaborés par des spécialistes de la branche selon le principe de subsidiarité; ils sont régulièrement mis à jour et complétés. Les dispositions qui ont valeur de directives au sens de l'OApEI sont des normes d'autorégulation.

Les documents sont répartis en quatre catégories hiérarchisées:

- Document principal: Modèle de marché pour l'énergie électrique – Suisse (MMEE – CH)
- Documents clés
- Documents d'application
- Outils / Logiciels

Le présent document GPS-CH 2020 est un manuel (outil/logiciel).

Structure des documents



1. Introduction et champ d'application

- (1) Le présent document est un manuel constituant l'annexe du document du VDE/FNN «Leitfaden zum Einsatz von Schutzsystemen in elektrischen Netzen» (guide pour l'utilisation de systèmes de protection dans les réseaux électriques, édition de septembre 2009). Il a été rédigé en coopération avec le Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs (VEÖ) et le Forum Netztechnik/Netzbetrieb du VDE/FNN, et peut être commandé auprès du VDE (<https://shop.vde.com/de/fnn-hinweis-leitfaden-zum-einsatz-von-schutzsystemen-in-elektrischen-netzen-download>).
- (2) Le présent manuel décrit les variations par rapport au guide pour l'utilisation de systèmes de protection dans les réseaux électriques du VDE/FNN applicables à la Suisse. Si aucune variation n'est spécifiée, ce sont les dispositions de ce guide qui s'appliquent. Les renvois à des textes de loi, des normes et d'autres types de recommandations s'entendent exclusivement dans la mesure des exigences applicables à la Suisse (cf. chapitre 20: «Références à des documents / textes de loi suisses»).
- (3) Le présent manuel concerne spécialement la protection contre les courts-circuits, les fonctions d'automatisation et la détection du défaut à la terre ou la protection contre celui-ci, telles qu'elles sont habituellement pratiquées en Suisse.
- (4) Les indications complémentaires entre parenthèses dans les titres des chapitres font référence aux chapitres correspondants du document du FNN.
- (5) Niveaux de réseau concernés (complément au chapitre 1 VDE/FNN):
 - Réseaux de transport (380 kV, 220 kV)
 - Réseaux de distribution (haute tension >36 -<220 kV, moyenne tension > 1 kV - 36 kV)

2. Conditions fonctionnelles pour la technique de protection, les transformateurs et les disjoncteurs (complément au chapitre 2 du VDE/FNN)

2.1 Transformateur inductif de courant (section 2.3.1 du VDE/FNN)

Complément en matière de dimensionnement:

- (1) Pour le dimensionnement des transformateurs de courant destinés à la protection, il convient de respecter dans tous les cas les exigences des fournisseurs de relais en la matière.

2.2 Transformateur inductif de tension (section 2.3.2 du VDE/FNN)

Complément en matière de mesures de sécurité:

- (1) Tous les enroulements secondaires, à l'exception des enroulements en triangle ouverts, doivent être dotés de fusibles ou de disjoncteurs. Si l'enroulement en triangle ouvert est uniquement équipé contre la ferrorésonance et qu'aucun autre composant, tel que des dispositifs de protection ou d'affichage, n'y est raccordé, il n'est pas obligatoire d'installer une sécurité.



2.3 Transformateur non conventionnel (section 2.3.4 du VDE/FNN)

Complément:

- (1) Les transformateurs non conventionnels sont jusqu'à présent principalement utilisés pour les fonctions auxiliaires telles que la surveillance ou pour le blocage du réenclenchement automatique (RÉA).

2.4 Disjoncteurs (section 2.4 du VDE/FNN)

Complément concernant la séquence de commutation nominale:

- (2) En Suisse, la plupart des interrupteurs sont calibrés pour un double RÉA. Les interrupteurs de puissance sont donc souvent configurés avec la séquence de commutation nominale suivante: O – 0,3 s. – CO – 60 s. – CO. La tension de commande peut également être de 24 V DC et de 48 V DC. La recommandation concernant la séquence de commutation nominale s'applique pour les disjoncteurs du NR 1 au NR 5.

3. Régime de neutre des réseaux (chapitre 3 du VDE/FNN)

Dispositions applicables à la Suisse (introduction):

- (1) Le type de régime de neutre des réseaux revêt une grande importance pour le choix du plan de protection et du traitement des défauts à la terre. Le régime de neutre des réseaux peut prendre les formes qui suivent.

Réseaux avec:

- Point neutre isolé
- Compensation du défaut à la terre (extinction du courant de défaut à la terre par compensation)
- Mise à la terre du neutre à basse impédance ou rigide
- Mise à la terre du neutre à basse impédance temporaire
- Compensation partielle du défaut à la terre
- Mise à la terre de résistance à haute impédance temporaire

- (2) En Allemagne et en Autriche, les réseaux à très haute tension sont exclusivement exploités avec un neutre à basse impédance, tandis que la plupart des réseaux moyenne et haute tension prennent la forme de réseaux avec compensation du défaut à la terre.
- (3) En Suisse, les réseaux à très haute tension possèdent un neutre à basse impédance ou directement à la terre. Les réseaux haute et moyenne tension sont la plupart du temps exploités avec un neutre à basse impédance ou directement à la terre, avec une compensation du défaut à la terre ou avec un point neutre isolé.

3.1 Réseau avec point neutre isolé (section 3.1 du VDE/FNN)

Dispositions applicables à la Suisse (section 3.1):

- (1) Dans le cadre de ce type d'exploitation du réseau, tous les points neutres restent isolés. Ce type d'exploitation se rencontre principalement sur les réseaux moyenne tension. L'intensité des courants de défaut à la terre peut varier fortement sur ces réseaux en fonction de leur étendue et des tronçons câblés.



- (2) Dans la mesure où le potentiel d'un système triphasé, en cas de point neutre isolé, est défini uniquement par ses capacités conducteur-terre, les surtensions transitoires (ondes progressives) peuvent légèrement se propager et provoquer des ruptures de l'isolation aux points de réflexion. Le risque de signaux en dents de scie (ferro-résonance) est présent, ceux-ci pouvant conduire en quelques minutes à la destruction thermique des transformateurs de tension ou provoquer des défauts sur le réseau dans un second temps.
- (3) Ces éléments doivent être pris en considération lors du dimensionnement des transformateurs de tension. Pour les transformateurs de tension sur le réseau isolé, il est recommandé de prévoir un enroulement supplémentaire équipé contre la ferro-résonance.

Détection du défaut à la terre / protection contre le défaut à la terre:

- (1) Les réseaux avec point neutre isolé doivent être équipés d'un dispositif de surveillance du défaut à la terre.
- (2) En fonction de la tension de contact apparaissant et des normes applicables en Suisse, il convient d'évaluer si la poursuite de l'exploitation en cas de défaut à la terre est autorisée ou si une mise hors-circuit automatique doit être opérée dans un délai imparti via un dispositif de protection adapté. La courbe de la figure 2 (VDE/FNN) ne présente aucune limite d'extension du réseau. Elle indique l'intensité maximale permettant d'envisager l'extinction d'arcs électriques brûlant librement.
- (3) Si un réseau ne contient qu'un petit nombre de moyens d'exploitation, le procédé des mises hors-circuit en alternance peut être suffisant pour rechercher le défaut à la terre.

Les réseaux possédant de faibles courants de défaut à la terre présentent les avantages suivants:

- Il est plus facile de respecter les tensions parasites et de danger maximales autorisées.
- Les amorçages d'arcs électriques peuvent s'éteindre d'eux-mêmes.

La protection contre le défaut à la terre est définie de façon plus détaillée à la section 7.5 du VDE/FNN.

3.2 Réseau avec compensation du défaut à la terre (section 3.2 du VDE/FNN)

Complément:

- (1) Certains gestionnaires de réseau procèdent à une légère sous-compensation des réseaux plutôt qu'à une légère surcompensation. La courbe de l'image 2 (VDE/FNN) ne présente aucune limite d'extension du réseau. Elle indique l'intensité maximale permettant d'envisager l'extinction d'arcs électriques brûlant librement.

3.3 Réseau avec compensation partielle du défaut à la terre

Paragraphe supplémentaire au chapitre 3 du VDE/FNN:

- (1) Sur les réseaux avec compensation partielle du défaut à la terre, c'est un courant de terre capacitif qui est compensé, comme dans le cadre de la compensation du défaut à la terre. Cependant, seule une partie du courant de défaut à la terre capacitif est compensé dans ce cas de figure (contrairement à ce qui se produit lors de la compensation du défaut à la terre ou de l'extinction du courant de défaut à la terre).



- (2) Concernant les mesures de protection nécessaires, ce sont les consignes énoncées à la section 3.1 du VDE/FNN au sujet des points neutres isolés qui s'appliquent.

3.4 Mise à la terre de résistance à haute impédance temporaire

Paragraphe supplémentaire au chapitre 3 du VDE/FNN:

- (1) Sur les réseaux isolés, partiellement compensés ou éteints, cette méthode consiste à activer temporairement une résistance à haute impédance au niveau du point neutre. Pendant la mise en circuit, le courant de défaut à la terre contient également une composante ohmique, analysée par les dispositifs de protection contre les défauts à la terre. Contrairement à la mise à la terre à basse impédance de courte durée, cette méthode ne recourt pas à des relais de court-circuit, mais à des relais de protection contre le défaut à la terre, qui analysent la composante ohmique du courant de défaut à la terre.
- (2) La résistance du point neutre enclenchable automatiquement est paramétrée de façon à ce que les dispositifs de protection contre les défauts à la terre puissent être activés en cas de défaut unipolaire, sans que les dispositifs de court-circuit ne le soient. Selon l'intensité du courant de défaut à la terre ou la philosophie de protection, le défaut est mis hors circuit manuellement ou via les relais de défaut à la terre disponibles.
- (3) Lors de la sélection des délais de mise hors circuit, de taille de la résistance du point neutre et du choix de la durée de la mise à la terre de résistance à haute impédance, il convient de veiller au respect des normes et des lois en vigueur (p. ex. relatives à la tension de contact).
- (4) Cette méthode présente les mêmes avantages que la mise à la terre à basse impédance de courte durée.

4. Mode d'exploitation du réseau

4.1 État de commutation normal et spécial (section 4.5 du VDE/FNN)

Complément, remarque:

- (1) Les indications sont valables pour les réseaux sur lesquels les défauts à la terre sont mis hors circuit par la protection sélective, en plus de la protection contre les courts-circuits, également pour la protection contre les défauts à la terre.



5. Références normatives

5.1 Résistance aux courants de courts-circuits des moyens d'exploitation (section 5.1 du VDE/FNN)

Résistance thermique des moyens d'exploitation

Compléments:

- (1) Dans l'approvisionnement énergétique public, il est courant de se référer aux courants de court-circuit nominaux suivants pour le dimensionnement thermique des installations:

Niveau de tension / installation de couplage [kV]	Courant de courte durée nominal [kA]
3 – 12	25 – 50
12 – 17,5	25 – 40
17,5 – 24	16 – 31,5
24 – 36	16 – 25
50 – 72	25 – 40
110 – 170	25 – 50
220	50 – 63
380	63

Tableau 1: Courants de court-circuit nominaux pour différentes tensions nominales

Temps de mise hors circuit :

- (2) Les temps de mise hors circuit pour la Suisse sont définis dans le manuel de l'AES «Exploitation du réenclenchement automatique sur les réseaux de distribution (NR 3 et NR 5) - REA-CH».

5.2 Capacité des moyens d'exploitation (section 5.2 «Lignes aériennes» du VDE/FNN)

Complément au paragraphe «Lignes aériennes»:

- (1) En Suisse, la capacité des lignes aériennes est généralement indiquée pour une température ambiante de 10 °C (hiver), 20 °C (intersaison), 40 °C (été), ainsi que pour une vitesse de l'air de 0,5 m/s (flux d'air provoqué par la convection autour du conducteur, hors vent). Les données sont également fournies pour une température de 35 °C à titre indicatif.

5.3 Codes de réseau, normes et directives des associations (sections 5.3 et 5.4 du VDE/FNN)

Complément:

- (1) En Suisse, il convient d'appliquer exclusivement les lois, normes, directives et recommandations en vigueur spécifiques au pays. Il s'agit notamment des textes suivants:
- Transmission Code Suisse
 - Distribution Code Suisse
 - Directives et recommandations de l'AES



- Autres directives et recommandations d'associations professionnelles suisses
- Loi sur le courant fort
- Ordonnance sur le courant fort
- Normes SN EN
- Normes CEI adoptées par la Suisse
- Normes SEV
- Autres lois, ordonnances et directives suisses déterminantes

Cf. également les normes et recommandations suisses énumérées à l'annexe B du VDE/ FNN.

6. Propriétés des réseaux (chapitre 6 du VDE/FNN)

Dispositions applicables à la Suisse (introduction):

- (1) Les réseaux électriques servent à l'échange, au transport et à la distribution de l'énergie électrique. Selon l'importance du réseau, les exigences relatives aux systèmes de protection, à la conduite des réseaux et aux besoins opérationnels varient sensiblement.
- (2) Les niveaux de tension suivants définis par le VDE/CEI se sont imposés dans la pratique européenne et se découpent généralement comme suit:
 - 380/220 kV: réseau de transport
 - > 36 - < 220 kV: réseau de distribution principal ou suprarégional
 - > 1 - 36 kV: réseau de distribution local et réseau industriel

6.1 Réseaux à très haute tension 380 kV et 220 kV (section 6.1 du VDE/FNN)

Complément:

- (1) En Suisse, ce sont les dispositions du Transmission Code Suisse qui s'appliquent (TC-CH).

6.2 Réseau haute tension >36 kV – < 220 kV (section 6.2 du VDE/FNN)

Dispositions applicables à la Suisse dans le dernier paragraphe, titre modifié:

- (1) Sur les réseaux haute tension, on rencontre avant tout les régimes de neutre décrits au chapitre 3 du VDE/FNN.
- (2) Ces réseaux sont généralement exploités en grands réseaux partiels maillés, qui injectent de l'électricité sur les réseaux moyenne tension en aval. Les exigences relatives aux systèmes de protection varient sensiblement sur ces réseaux haute tension, en fonction de l'importance et de l'extension du réseau (cf. section 11.3 du VDE/FNN). La forte imbrication entre les niveaux de réseau nécessite une harmonisation des systèmes de protection au niveau des points d'injection.



6.3 Réseau moyenne tension >1 kV – < 36 kV (section 6.3 du VDE/FNN)

Dispositions applicables à la Suisse, titre modifié:

- (1) Ce niveau de tension correspond au niveau du réseau de distribution en Allemagne, en Autriche et en Suisse. Au sein d'un territoire délimité, d'une ville ou d'une entreprise industrielle, il sert à approvisionner les consommateurs finaux en énergie électrique. Sur les réseaux moyenne tension, le flux de puissance est la plupart du temps défini par la charge du client. Le flux de charge est de plus en plus influencé par les installations de production décentralisées.
- (2) La conduite des réseaux moyenne tension est très différente et fait l'objet d'une adaptation aux conditions locales. Lorsque les charges de pointe sont élevées, l'exploitation prend souvent la forme de réseaux à structure radiale, tandis que pour une charge régionale rurale, elle s'applique à des réseaux maillés. Les exigences relatives aux systèmes de protection varient donc très fortement (cf. section 11.4 du VDE/FNN). À ce niveau de tension, il convient cependant de toujours tenir compte du fait qu'une perturbation affecte généralement directement les consommateurs finaux. Sur les réseaux moyenne tension, on retrouve tous les types de régimes de neutre.

7. Fonctions de protection

7.1 Protection à maximum de courant (7.1 du VDE/FNN)

Dispositions applicables à la Suisse (introduction section 7.1):

- (1) La protection à maximum de courant est mise en place sur les réseaux sous forme de protection contre les courts-circuits ou de protection contre les défauts à la terre, de préférence sur les réseaux à structure radiale ou en boucles, ainsi que sur les transformateurs et générateurs. Elle peut être installée indépendamment du régime de neutre et à tous les niveaux de tension. Elle peut toujours être utilisée comme protection contre les courts-circuits lorsque le courant de court-circuit se distingue nettement du courant de fonctionnement par son intensité et les exigences relatives au temps de déclenchement autorisé sont respectées.
- (2) La protection à maximum de courant peut avoir une caractéristique de déclenchement à temps indépendant ou à temps inverse.
- (3) Les dispositifs de protection à maximum de courant utilisent normalement comme grandeurs de mesure les courants spécifiques à certains conducteurs pour la détection des défaillances des courts-circuits et le courant résiduel pour les défauts à la terre.

7.2 Réenclenchement automatique¹ (section 7.4 du VDE/FNN)

Dispositions applicables à la Suisse (introduction section 7.4):

- (1) Le réenclenchement automatique est particulièrement utilisé sur les réseaux de lignes aériennes sur lesquels la majeure partie des courts-circuits est composée de défauts d'arcs. Il peut prendre la forme d'un appareil séparé ou faire partie intégrante du dispositif de protection et collaborer avec tous les dispositifs habituels de protection de ligne. Cette fonction peut également parfois être appelée

¹ Cf. Manuel de l'AES «Recommandations relatives à l'exploitation du réenclenchement automatique sur les réseaux de distribution (NR 3 et NR 5)».



«coupure brève» (CB) ou «coupure longue» (CL). L'exécution et l'application du R  A varient en fonction du type, du mode d'exploitation et du régime de neutre du réseau.

7.3 Détection du défaut à la terre / protection contre le défaut à la terre (section 7.5 du VDE/FNN)

Dispositions applicables à la Suisse (introduction section 7.5 VDE/FNN), titre adapté:

- (1) Pour signaler un défaut à la terre, un relais de tension réglable surveillant la tension résiduelle ($3U_0$) est suffisant. La tension résiduelle peut ainsi être mesurée (enroulement en triangle ouvert) ou calculée en interne dans le relais à partir des tensions de phase. Pour la détection sélective automatique du raccordement concerné, on a souvent recours à une détection dirigée du défaut à la terre. Lorsque les courants de défaut à la terre se situent dans la limite du courant résiduel autorisé, le principe du circuit de recherche peut également être utilisé. Le circuit de recherche opère des mises hors circuit tour à tour au niveau des différentes parties de l'installation ou des lignes jusqu'à disparition du défaut à la terre.
- (2) La détection du courant résiduel pour le relais de terre directionnel doit, de préférence, être effectuée par un TI-tore homopolaire, car ceux-ci peuvent être mieux ajustés aux exigences dans le rapport de transformation et permettent une plus grande précision de mesure. Pour les procédés «fonction de défaut terre transitoire» et «localisation de la pulsation», la précision permise par un circuit Holmgreen est généralement suffisante. Dans les départs de lignes équipées seulement de deux transformateurs de courant de phase, l'utilisation de TI-tore homopolaire pour localiser le défaut à la terre est impérativement requise, car le courant résiduel ne peut pas être détecté à l'aide de deux transformateurs de courant de phase.
- (3) Les méthodes suivantes ont fait leurs preuves pour procéder à la détection sélective des défauts à la terre, avec des résultats hétérogènes:
 - Détection wattmétrique des défauts à la terre
 - Protection à maximum de courant de terre directionnelle
 - Fonction de défaut terre transitoire
 - Comparaison d'admittance
 - Procédé de l'harmonique
 - Mesure relative de l'harmonique
 - Localisation de la pulsation
 - Circuit de recherche automatique des défauts à la terre
 - Mesure du courant résiduel

Aujourd'hui, on combine également plusieurs procédés afin de minimiser le plus possible les faiblesses de chacun d'entre eux.



Détection wattmétrique des défauts à la terre et protection à maximum de courant de terre directionnelle

Dispositions applicables à la Suisse, titre modifié:

- (1) Les fonctions de défaut à la terre wattmétriques et celles à maximum de courant de terre directionnelle analysent, dans les situations normales, le courant résiduel et la tension résiduelle sur les réseaux isolés, partiellement compensés ou compensés. Pour les réseaux maillés, il convient de veiller à ce que les asymétries ne provoquent pas une réponse des dites fonctions.
- (2) Une augmentation du courant résiduel wattmétrique artificielle et souvent temporaire permet d'améliorer considérablement les conditions de mesure: elle consiste à produire des pertes ohmiques supplémentaires à l'aide de résistances de charge placées sur les bobines d'extinction. Cette utilisation s'observe principalement sur les réseaux moyenne tension et parfois sur le réseau haute tension.

7.4 Protection de la fréquence (section 7.7 du VDE/FNN)

Complément:

- (1) Pour la Suisse, les exigences relatives au délestage lié à une perturbation sont définies dans le TC-CH ainsi que dans le document de la branche de l'AES «DSF». Voir également le chapitre 15 du VDE/FNN.

7.5 Fonctions supplémentaires des dispositifs de protection numériques (section 7.8 du VDE/FNN)

7.5.1 Protection contre les défaillances des disjoncteurs (section 7.8.2 du VDE/FNN)

Cf. chapitre 19 AES

8. Principes de réglage de la protection (chapitre 8 du VDE/FNN)

8.1 Démarrage (section 8.1 du VDE/FNN)

8.1.1 Démarrage du seuil de courant $I_e >$ niveau (section 8.1.2.1 du VDE/FNN)

Dispositions applicables à la Suisse:

- (1) Le seuil de démarrage du courant de terre est de préférence réglé au-dessous de celui du courant de phase. Les valeurs de réglage courantes du seuil de démarrage du courant de terre sont par exemple, pour une connexion Holmgreen ou un calcul interne au relais à partir des courants de phase (0,1 - 0,8) $I_{N\text{-transformateur}}$.
- (2) En fonction du régime de neutre, du type de la détection I_0 et de l'intensité potentielle des courants de défaut à la terre, le réglage adapté du seuil d'excitation du courant à la terre peut varier.



8.1.2 Démarrage par sous-impédance (électromécanique) (section 8.1.2.2 du VDE/FNN)

Complément:

- (1) Sur les réseaux avec un régime de neutre à haute impédance (isolé, compensé, partiellement compensé), il convient de ne pas provoquer le démarrage des protections de phase en cas de défaut à la terre détecté par un dispositif ad hoc séparé. Les circuits de mesure de la tension doivent ici toujours reposer sur la tension composée. Ils ne sont reliés à la terre par le démarrage du courant à la terre qu'en cas de double défaut à la terre.

8.1.3 Fiabilité de l'excitation en cas de courts-circuits (section 8.1.3.2 du VDE/FNN)

Complément, titre adapté:

- (1) Sur les réseaux compensés et isolés, on trouve l'égalité suivante: $I_{kmin} = I_{k2pol}$

8.2 Plan d'échelonnement (section 8.2 du VDE/FNN)

Remarque à propos de l'introduction:

- (1) Les détails relatifs à l'échelonnement s'appliquent également à la protection contre le défaut à la terre avec mise hors circuit sur le réseau isolé.

8.2.1 Principes relatifs au plan d'échelonnement (complément à la section 8.2.1 du VDE/FNN)

Complément:

- (1) En Suisse, la direction dans les dispositifs de protection du réseau (pour les lignes comme pour les transformateurs, pour les courants de courts-circuits comme pour les courants de défaut à la terre) est normalement définie comme suit:
 - En direction «aval» signifie depuis les jeux de barres vers la ligne ou vers le transformateur
 - En direction «amont» signifie depuis la ligne ou le transformateur vers les jeux de barres

8.2.2 Temps d'échelonnement (section 8.2.2 du VDE/FNN)

Complément:

- (1) En Suisse, des temps d'échelonnement de 0,2 à 0,5 s sont réglés au niveau des relais de protections de distance.
- (2) Pour les fonctions de protection contre les surintensités (protection contre les courts-circuits aussi bien que protection contre les défauts à la terre), les temps d'échelonnement sont généralement de 0,2 à 0,3 s.



8.2.3 Portée des zones: généralités (section 8.2.3 du VDE/FNN)

Complément:

- (1) En Suisse, un facteur d'échelonnement de 0,7 à 0,9 est appliqué pour la protection à distance. Sur le réseau de transport, on privilégie les facteurs d'échelonnement suivants pour les lignes:
 - 0,8 pour la première zone si une communication est présente
 - 0,85 pour la première zone si aucune communication n'est présente
 - 0,8 pour la 2^e zone et plus
- (2) Pour les transformateurs avec une zone de distance en direction du transformateur, on applique généralement les facteurs d'échelonnement suivants:
 - 0,3 - 0,7 pour la première zone immédiate en direction du transformateur
Il convient de veiller à ce que ce réglage de zone ne s'étende pas au-delà du transformateur même en cas de positions différentes du commutateur pas-à-pas. Pour certains types de transformateurs (p. ex. transformateur à trois enroulements), le réseau influence l'impédance de défaut mesurée. Dans ces cas de figure également, il convient de veiller à ce que la zone d'impédance ne s'étende pas au-delà du transformateur. Si l'étendue de la première zone doit être réduite, il est par exemple possible de mettre en place un procédé POTT.
 - 0,2 - 0,6 pour la 2^e zone et plus (normalement direction des jeux de barres (JB), 1^{er} niveau de la ligne la plus courte)
- (3) Transformateurs réseau de transport NR 1 (gestionnaire du réseau national):
 - $0,7 \times Z_{tr}$ (impédance de court-circuit du transformateur) pour la première zone direction transformateur.
 - $0,2 \times Z_{tr}$ (impédance de court-circuit du transformateur) pour la deuxième zone direction BC, mais max. $0,6 \times Z$ de la ligne la plus courte.

8.2.4 Portée des zones pour les réseaux à structure radiale (section 8.2.4 du VDE/FNN)

Complément, remarque, titre adapté:

- (1) En Suisse, les portées des différentes zones sont normalement réglées comme suit:
 - En général, la protection (avec les facteurs d'échelonnement indiqués à la section 8.2.3 du VDE/FNN) est échelonnée avec la protection en amont.
 - Pour la 2^e zone, minimum 120% de l'impédance de ligne est réglée.
 - Pour la 2^e zone, les injections intermédiaires ne sont pas prises en compte.
Les facteurs de réduction d'impédance pour les lignes parallèles suivantes sont pris en compte dans certaines circonstances.
 - Pour les zones supérieures, les injections intermédiaires sont prises en compte, mais uniquement dans la limite d'un facteur 5.
 - La dernière zone avant le démarrage devrait normalement couvrir la ligne suivante la plus longue.
Il est possible de ne pas totalement répondre à cette exigence pour les réseaux maillés.



8.2.5 Portée des zones pour les lignes doubles (section 8.2.5 du VDE/FNN)

Complément, remarque:

- (1) Les remarques de la section 8.2.4 du VDE/FNN s'appliquent:

8.2.6 Portée des zones pour les réseaux maillés avec injection intermédiaire (section 8.2.6 du VDE/FNN)

Complément, remarque:

- (1) Les remarques de la section 8.2.4 du VDE/FNN s'appliquent:

9. Dispositifs auxiliaires (chapitre 9 du VDE/FNN)

9.1 Alimentation en tension continue (section 9.1.1 du VDE/FNN)

- (1) Souvent, un ou plusieurs onduleurs sont raccordés à l'installation CC afin de pouvoir également exploiter le réseau CA sans coupures. Ce dispositif peut par exemple servir à alimenter les ordinateurs pour le contrôle et la commande de la sous-station.

10. Raccordement et câblage des transformateurs de mesure (chapitre 10 du VDE/FNN)

10.1 Circuits des transformateurs de tension (section 10.2 du VDE/FNN)

Complément, remarque:

- (1) Tous les enroulements secondaires, à l'exception des enroulements en triangle ouverts, doivent être dotés de fusibles ou de disjoncteurs. Si l'enroulement en triangle ouvert est uniquement équipé contre la ferrorésonance et qu'aucun autre composant, tel que des dispositifs de protection ou d'affichage, n'y est raccordé, il n'est pas obligatoire d'installer une sécurité.

11. Protection des lignes et des câbles (chapitre 11 du VDE/FNN)

11.1 Protection des lignes à très haute tension (section 11.2 du VDE/FNN)

11.1.1 Protection des lignes à très haute tension avec doublement de la protection (section 11.2.2 du VDE/FNN)

Complément, remarque:

- (1) En Suisse, il est souvent d'usage de prévoir ou d'activer le réenclenchement automatique seulement dans l'un des deux systèmes de protection. Celui-ci est cependant démarré par les deux dispositifs de protection.
- (2) Les systèmes de protection peuvent agir sur les deux bobines de déclenchement.



11.1.2 Protection des lignes à très haute tension avec protection de réserve principale et locale (section 11.2.3 du VDE/FNN)

- (1) Les systèmes de protection peuvent agir sur les deux bobines de déclenchement.

11.1.3 Protection des lignes à très haute tension pour lignes à doubles extrémités (section 11.2.4 du VDE/FNN)

Compléments, remarques:

La procédure de signalisation habituellement employée sur le réseau de lignes à très haute tension en Suisse est la suivante:

- (1) Portée insuffisante: émission lors du déclenchement de la protection à distance dans la zone 1 et déclenchement du côté opposé lors de la réception du signal et du démarrage non directionnel. Dans certains cas, p. ex. les configurations dans lesquelles la protection de distance, en cas de défaut, n'a pas pu démarrer, le déclenchement a lieu en outre lors de la réception du signal et de l'activation et de la fonction «alimentation faible».

RÉA

- (2) En Suisse, il est courant qu'un RÉA court unipolaire (CB unipolaire) soit effectué en cas de défaut unipolaire et qu'un RÉA court tripolaire (CB tripolaire) soit réalisé en cas de défaut multipolaire. Si le RÉA court n'est pas fructueux, une mise hors circuit tripolaire a lieu, puis un RÉA long tripolaire est effectué. Chaque RÉA tripolaire est soumis à la fonction de contrôle synchrone.

Protection contre les défaillances du disjoncteur

Cf. chapitre 19 AES:

11.2 Protection des lignes haute tension (section 11.3 du VDE/FNN)

11.2.1 Protection contre les courts-circuits haute tension pour lignes à doubles extrémités (section 11.3.1 du VDE/FNN)

Titre modifié: (Titre modifié)

- (1) Les systèmes de protection peuvent agir sur les deux bobines de déclenchement.

11.2.2 Protection contre les défauts à la terre sur les lignes haute tension

Nouveau chapitre:

- (1) En fonction de la tension de contact apparaissant et des normes applicables en Suisse, il convient d'évaluer si la poursuite de l'exploitation en cas de défaut à la terre est autorisée ou si une mise hors circuit automatique doit être opérée dans un délai imparti via un dispositif de protection adapté.
- (2) Une mise hors circuit en cas de défaut à la terre imminent sur les lignes haute tension peut être réalisée sur les réseaux maillés à l'aide de dispositifs de protection directionnelle à comparaison de signaux. Il est possible d'appliquer la procédure de blocage ou d'autorisation. Dans le cadre de la procédure d'autorisation, le disjoncteur d'une ligne est déclenché si les deux relais détectent le défaut



en direction «aval» et reçoivent un signal d'autorisation du côté opposé. Il convient de garantir, à travers les fonctions supplémentaires, que les défauts de terre sont détectés et, si nécessaire, mis hors circuit, même en cas de courants mesurés au-dessous du seuil de démarrage de la protection du courant de défaut à la terre.

- (3) Dans des cas spécifiques, la protection de réserve est assurée par les fonctions de défaut à la terre sensibles directionnelles (67N) évent. avec communication, par les fonctions à maximum de courant de terre non directionnelles (51) ou par les fonctions de défaut à la terre 3U0 non directionnelles (59N).

11.3 Protection des lignes moyenne tension (section 11.4 du VDE/FNN)

Compléments relatifs à l'introduction:

- (1) Sur les réseaux avec point neutre isolé ou à haute impédance, il convient d'évaluer, en fonction de la tension de contact apparaissant et des normes applicables en Suisse, si la poursuite de l'exploitation en cas de défaut à la terre est autorisée ou si une mise hors circuit automatique doit être opérée dans un délai imparti via un dispositif de protection adapté. Pour une détection ou une mise hors circuit des défauts à la terre, une ou plusieurs des fonctions suivantes sont normalement utilisées:
 - Détection wattmétrique des défauts à la terre
 - Protection à maximum de courant de terre directionnelle
 - Fonction de défaut terre transitoire
 - Comparaison d'admittance
 - Procédé harmonique
 - Mesure relative de l'harmonique
 - Localisation de l'impulsion
 - Mesure du courant résiduel
- (2) Dans le cadre de la protection contre les défauts à la terre, la protection de réserve est souvent assurée par les fonctions à maximum de courant de terre directionnelle et non directionnelle ainsi que par la fonction 3U0.
Sur les réseaux avec RÉA, ceci peut également être démarré par un déclenchement de la protection contre les défauts à la terre.

11.3.1 Protection des départs de lignes (section 11.4.1 du VDE/FNN)

Complément, remarque:

- (1) Les systèmes de protection peuvent agir sur les deux bobines de déclenchement.

11.3.2 Réseau à structure radiale (section 11.4.1.1 du VDE/FNN)

Complément, remarque:

- (1) Remarque relative aux images 36 et 37:
Dans certaines circonstances (cf. introduction dans ce chapitre), la détection du défaut à la terre a également un effet sur Q0 (disjoncteur) et peut également exciter le RÉA en cas de déclenchement.



11.3.3 Lignes à alimentation bidirectionnelle (section 11.4.1.2 du VDE/FNN)

Complément, remarque:

- (1) Remarque relative à l'image 38:
Dans certaines circonstances (cf. introduction dans ce chapitre), la détection du défaut à la terre a également un effet sur Q0 (disjoncteur) et peut également exciter le RÉA en cas de déclenchement.

12. Protection des transformateurs (chapitre 12 du VDE/FNN)

12.1 Protection des transformateurs avec $S_n > 100$ MVA (section 12.1 du VDE/FNN)

Compléments relatifs à l'introduction:

- (1) Les transformateurs de cet ordre de grandeur sont normalement équipés de deux systèmes de protection. Ces derniers répondent généralement aux exigences suivantes:
- Les deux systèmes couvrent en principe les mêmes défauts. La sensibilité des deux systèmes peut être différente.
 - Fonctions du système de protection 1: le système de protection 1 contient au minimum une protection différentielle.
 - Fonctions du système de protection 2: il est recommandé d'intégrer une protection à distance de chaque côté du transformateur haute tension (pas du côté de la moyenne tension, par exemple lors d'injections de centrales de production). Celle-ci assure ainsi parallèlement une fonction de protection de réserve en direction des jeux de barres.
 - Il est en outre possible d'intégrer une protection contre les défauts à la terre dans les transformateurs de cet ordre de grandeur. (protection de la cuve, protection différentielle contre les défauts à la terre à haute impédance ou à basse impédance). Dans certaines circonstances, on renonce à la mise en place d'une deuxième protection différentielle dans le système de protection 2, car un système de protection rapide pour les courts-circuits est présent dans les deux dispositifs de protection à distance avec le niveau immédiat (cf. section 8.2.3 Portée des zones du VDE/FNN).
 - Si un réseau avec point neutre isolé se trouve du côté transformateur, les dispositions décrites dans le chapitre précédent doivent être appliquées de façon analogue. L'activation d'une fonction de protection de terre sensible non directionnelle est donc souvent pertinente dans ce type de cas.
 - En règle générale, les fonctions de protection ont une incidence sur tous les disjoncteurs du transformateur (sauf dans le cadre de la fonction de surcharge, p. ex.)

Déclenchements interdépendants et protection contre les défaillances du disjoncteur

Cf. chapitre 19 AES

Protection contre les défaillances du disjoncteur (section 12.1 du VDE/FNN)

Cf. chapitre 19 AES



12.2 Protection des transformateurs avec S_n de 1 à 100 MVA avec côté basse tension > 1 kV (section 12.2 du VDE/FNN)

Complément, commentaire, titre adapté:

- (1) En règle générale, les fonctions de protection ont une incidence sur tous les disjoncteurs du transformateur (sauf dans le cadre de la fonction de surcharge, p. ex.)
- (2) La protection de réserve du côté de la tension supérieure agit sur le côté de la tension supérieure via une bobine de déclenchement propre sur le disjoncteur. Du côté de la sous-tension, elle a une incidence sur la bobine de déclenchement indépendante éventuellement présente (ce n'est souvent pas le cas en moyenne tension).
- (3) Si un réseau avec point neutre isolé est connecté à l'un des deux côtés du transformateur, les dispositions évoquées dans le chapitre précédent doivent être appliquées de façon analogue. L'activation d'une fonction de protection de terre sensible non directionnelle peut donc être pertinente.

12.3 Protection des transformateurs au NR 6 (section 12.3 du VDE/FNN)

Complément, commentaire:

- (1) Si des fusibles sont utilisés au niveau des transformateurs MT/BT du côté de la tension supérieure et inférieure, il convient de veiller au respect des principes suivants:
 - D'après la norme CEI 60282-1 (2009), paragraphe 6.6, le pouvoir de coupure des fusibles HT est vérifié dans le cadre des essais de type à 87% de leur tension nominale. Sur le réseau isolé et éteint, la tension nominale peut atteindre son maximum au niveau du fusible dans diverses conditions de défaut, p. ex. en cas de double défaut à la terre. Le pouvoir de coupure des fusibles installés doit par conséquent être testé au niveau de tension d'exploitation maximal du réseau.
 - L'utilisation de fusibles HPC HT est limitée par les seuils de la protection de ligne située en amont et ainsi par le courant de court-circuit minimal. La protection de la ligne et le fusible HPC HT doivent permettre d'atteindre une sélectivité totale.
 - La mise hors circuit d'un défaut à la terre ou d'un court-circuit bipolaire dans l'installation du côté basse tension doit être assurée en l'espace d'une seconde (1 s) maximum et doit être attestée par un calcul, un essai de type ou un procédé similaire. Les dispositifs de protection contre le court-circuit peuvent être installés du côté primaire ou secondaire.



12.4 Tableau récapitulatif (section 12.4 du VDE/FNN)

Complément:

	Jusqu'à 630 kVA (1 MVA)	jusqu'à 2 MVA	jusqu'à 10 MVA	jusqu'à 100 MVA Transformateur à deux enroulements	jusqu'à 100 MVA Transformateur à trois enroulements	à partir de 100 MVA
Fusibles HPC HT TS	X	O				
Protection à maximum de courant TS	O	X	X	X	X	X
Fusible HPC BT ST	O					
Protection à distance TS			X	X	X	X
Protection à maximum de courant MT					X	
Protection à distance MT					X	X
Protection à maximum de courant ST	O	O	X	X	X	X
Protection à distance ST			X	X	X	X
Surcharge thermique 1 ^{er} ni- veau *)	O	O	X	X	X	X
Surcharge thermique 2 ^e ni- veau *)			X	X	X	X
Relais Buchholz			X	X	X	X
Surv. régulateur à gradins			X	X	X	X
Protection différentielle			à partir de 5 MVA	X	X	X

Tableau 2: Récapitulatif des dispositifs de protection des transformateurs en fonction de la taille de ces derniers

*) Message et le cas échéant déclenchement

X – Utilisation courante

O – Utilisation facultative (risque, sélectivité, protection contre les défauts à la terre, etc.)

TS – Côté tension supérieure

MT – Côté moyenne tension (enroulement tertiaire avec transformateurs NR 2)

ST – Côté tension inférieure

Fusibles HPC HT – Fusibles à haut pouvoir de coupure haute tension

Fusibles HPC BT – Fusibles à haut pouvoir de coupure basse tension

12.5 Possibilités d'optimisation (section 12.7 du VDE/FNN)

Complément, commentaire:

- (1) Concernant la répartition des fonctions de protection dans les systèmes 1 et 2, il convient d'observer les remarques précédentes.



13. Protection des installations (chapitre 13 du VDE/FNN)

13.1 Protection contre les défaillances du disjoncteur (section 13.3 du VDE/FNN)

13.1.1 Protection contre les défaillances du disjoncteur dans les installations à très haute tension (section 13.3.1 du VDE/FNN)

Cf. chapitre 19 AES

14. Protection des bobines de compensation et des bancs de condensateurs (chapitre 14 du VDE/FNN)

Aucune remarque

15. Protection du système (protection de la fréquence)

Complément, commentaire:

- (1) Ce point est défini dans le document de la branche de l'AES «Délestage automatique».

16. Protection au point de raccordement au réseau (chapitre 16 du VDE/FNN)

16.1 Protection des installations de production (section 16.1 du VDE/FNN)

Complément, commentaire:

- (1) Pour la Suisse, il convient de respecter le TC-CH et le DC-CH (AES), ainsi que la recommandation de la branche RR/IPE de l'AES.

17. Détection des défauts à la terre (chapitre 17 du VDE/FNN)

17.1 Détection des défauts à la terre sur les réseaux reliés galvaniquement (section 17.1 du VDE/FNN)

Surveillance de la tension nulle

Titre antérieur «Relais de signalisation des défauts à la terre», titre modifié



17.2 Détection sélective des défauts à la terre (section 17.2 du VDE/FNN)

Dispositions applicables à la Suisse:

- (1) L'utilisation des systèmes de détection des défauts à la terre décrits à la section 7.5 du VDE/FNN et leur application pour les réseaux avec différents régimes de neutre sont représentées dans le tableau suivant.

	Réseaux éteints	Réseaux isolés	Réseaux mis à la terre à basse impédance de courte durée	Réseaux mis à la terre à haute impédance de courte durée
Protection de terre sensible non directionnelle	x	x	x	x
Protection de terre sensible directionnelle	x	x	x	x
Relais de défaut terre transitoire	x	x		x
Relais wattmétrique	x	x		x
Relais harmonique	x	x		
Mesure relative des harmoniques	x	x		
Méthode de localisation de l'impulsion	x			
Analyseur de défaut à la terre du réseau, localisation avec injection de courant	x			
Protection de terre non sensible non directionnelle			x	
Protection de terre non sensible directionnelle			x	
Surveillance de la tension résiduelle	x	x	x	x

Tableau 3: Système de détection des défauts à la terre selon les différents régimes de neutre

18. Recommandation pour la mise en service et la maintenance des systèmes de protection (chapitre 18 du VDE/FNN)

18.1 Conditions-cadre pour la mise en service et la maintenance des systèmes de protection (section 18.1 du VDE/FNN)

Complément, commentaire:

- (1) Pour la Suisse, il convient de respecter les lois et normes applicables, telles que la Loi sur les installations électriques, l'Ordonnance sur le courant fort et les normes SN EN.



18.2 Réception et mise en service des systèmes de protection (section 18.2 du VDE/FNN)

Complément, commentaire:

- (1) En Suisse, des vérifications supplémentaires de l'isolation au niveau du câblage secondaire ne sont pas systématiquement effectuées lors de la mise en service.

18.2.1 Vérifications mise en service (section 18.2.2 du VDE/FNN)

Complément, commentaire relatif au paragraphe «Mise en service»:

- (1) En Suisse, le fabricant n'est pas systématiquement présent lors de la mise en service.

18.3 Vérifications mise en service (section 18.2.2 du VDE/FNN)

18.3.1 Tests secondaires (section 18.2.2.5.1 du VDE/FNN)

Complément, commentaire:

- (1) Dispositions applicables à la Suisse: Les changements de paramétrage à des fins de test de la protection sont à éviter. Ceux-ci sont cependant parfois nécessaires, notamment pour les relais multifonctions (très souvent pour les relais de protection numériques).
- (2) Lors de l'achèvement des tests secondaires, il convient de réaliser un contrôle de déclenchement pour chaque dispositif de protection.

18.3.2 Tests primaires (section 18.2.2.5.2 du VDE/FNN)

Complément, commentaire:

- (1) Les tests primaires avec injection externe ne sont pas courants en Suisse pour procéder au contrôle de la protection. Le contrôle de la stabilité et de la direction est généralement effectué à l'aide des courants de fonctionnement.

18.3.3 Mesures lors de la mise en service (section 18.2.2.6 du VDE/FNN)

Complément, commentaire:

- (1) En Suisse, les contrôles des courants différentiels au niveau des transformateurs en cas de positions différentes du régulateur à gradins ne sont pas courants.



19. Protection contre les défaillances du disjoncteur (AES)

- (1) Le présent chapitre décrit la protection contre les défaillances du disjoncteur (PPC) pour la Suisse et remplace les sections 7.8.2, 11.2.4, 12.1 et 13.3.1 du VDE/FNN consacrées à ce sujet.
- (2) La protection contre les défaillances du disjoncteur sert à procéder rapidement à la mise hors circuit de secours lorsqu'une commande de déclenchement du relais de protection n'est pas exécutée par le disjoncteur correspondant.

La protection contre les défaillances du disjoncteur fonctionne souvent à deux niveaux. Dans un premier temps, elle tente à nouveau d'ouvrir le disjoncteur après un léger délai (t_1). Si ce premier essai est infructueux, les disjoncteurs concernés sont mis hors circuit au terme d'un second délai (t_2). Afin d'éviter les déclenchements intempestifs, le délai de mise hors circuit du disjoncteur et le temps de retombée des dispositifs de protection doivent être pris en compte lors du réglage des délais.

- Chaque déclenchement de protection, y compris la protection des jeux de barres, démarre la protection contre les défaillances du disjoncteur. Normalement, la protection contre les défaillances du disjoncteur est autorisée par un seuil de courant ou par un message retour du disjoncteur, p. ex. lors d'injections de centrales ou en cas de protection mécanique du transformateur (p. ex. Buchholz).
- La fonction de protection contre les défaillances du disjoncteur peut en outre envoyer un signal de couplage de protection à la station opposée. Ce signal provoque souvent un démarrage de la protection (p. ex. PUTT) dans la station opposée.
- Avec un canal de transport supplémentaire, le RÉA peut être bloqué dans la station opposée ou un déclenchement direct peut être effectué.
- Souvent, une commande des disjoncteurs des autres côtés du transformateur est réalisée.
- Si les déclenchements de protection sur les deux bobines de déclenchement du disjoncteur fonctionnent, il est éventuellement possible de renoncer au premier niveau de la protection contre les défaillances du disjoncteur.



20. Annexe: références normatives

20.1 Législation à l'échelle fédérale

<http://www.admin.ch>
<http://www.elcom.admin.ch>
<http://www.estl.admin.ch>

Législation fédérale
Loi sur les installations électriques, RS 734.0 (LIE du 24.06.1902, état au 01.01.2020)
Ordonnance sur le courant fort, RS 734.2 (du 30.03.1994, état au 01.06.2019)
Loi sur l'approvisionnement en électricité, RS 734.7 (LApEI du 23.03.2007, état au 01.06.2019)
Ordonnance sur les installations à basse tension, RS 734.27 (OIBT du 07.11.2001, état au 01.06.2019)
Ordonnance sur l'approvisionnement en électricité, RS 734.71 (OApEI du 14.03.2008, état au 01.01.2020)
Textes de la Commission fédérale de l'électricité ElCom (Organe de surveillance de l'approvisionnement en électricité)
Textes de l'Inspection fédérale des installations à courant fort ESTI (Organe de surveillance de la sécurité électrique)

20.2 Documents de la branche AES

<http://www.electricite.ch>

VSE/AES, Association des entreprises électriques suisses Recommandation de la branche « Distribution Code Suisse » Règles techniques pour le raccordement, l'exploitation et l'utilisation du réseau de distribution, édition 2014
VSE/AES, Association des entreprises électriques suisses Manuel « Exploitation du réenclenchement automatique sur les réseaux de distribution (NR 3 et NR 5) », édition 2020
VSE/AES, Association des entreprises électriques suisses Recommandation de la branche « Spécifications techniques relatives au délestage automatique sur seuil de fréquence tenant compte des modifications apportées aux prescriptions (UFLS) »
Swissgrid Recommandation de la branche « Transmission Code Suisse 2019 »

20.3 Normes IEC et EN

<https://www.iec.ch/>

Ensemble des normes CENELEC en vigueur Ensemble des normes CEI appliquées en Suisse
--

