



Référentiel Technique

Chapitre 4 – Contribution des utilisateurs aux performances du RPT

Article 4.6 – Système de protection contre les défauts d'isolement

Document valide pour la période du 15 juillet 2006 à ce jour

9 pages

Document valide pour la période du 15 juillet 2006 à ce jour

Utilisateurs concernés : producteurs, consommateurs, distributeurs.

1. RAPPEL DES EXIGENCES REGLEMENTAIRES

- Article 8 du décret 2003-588 du 27 juin 2003 relatif aux prescriptions techniques générales de conception et de fonctionnement auxquelles doivent satisfaire les installations en vue de leur raccordement au réseau public de transport d'électricité.
- Articles 7 et 8 de l'arrêté du 4 juillet 2003 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement direct au réseau public de transport d'une installation de consommation d'énergie électrique.
- Articles 6 et 7 de l'arrêté du 4 juillet 2003 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement au réseau public de transport d'une installation de production d'énergie électrique.
- Article 66 de l'arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.
- Article 7 et 8 du projet d'arrêté fixant les conditions techniques de raccordement des réseaux de distribution au RPT.

2. ENJEUX POUR LE SYSTEME ELECTRIQUE ET LES UTILISATEURS

Le système de protection contre les défauts d'isolement répond à quatre exigences :

- **Satisfaire les utilisateurs** : les performances du système de protection du réseau public de transport conditionnent le niveau de continuité de la connexion de l'installation et la qualité de la tension au point de raccordement. Le non-respect de ces performances peut conduire au déclenchement des installations (consommation ou production) par fonctionnement de protections.
- **Assurer la sûreté de fonctionnement du système** : des éliminations de défauts d'isolement trop longues ou insuffisamment sélectives peuvent conduire à des incidents de grande ampleur tels que des déclenchements d'ouvrages incontrôlables, des pertes de synchronisme ou des écroulements de tension.
- **Respecter l'intégrité des matériels** : les courants de court-circuit eux-mêmes ou les forces électrodynamiques résultantes peuvent détruire les ouvrages du réseau ou les installations des utilisateurs.
- **Minimiser les risques pour la sécurité des personnes.**

3. PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT

3.1 Origine et nature des défauts

Les ouvrages de transport d'électricité (lignes, câbles, postes...) peuvent être affectés au cours de leur fonctionnement d'un certain nombre de défauts d'isolement qui peuvent être d'origine externe ou interne.

Document valide pour la période du 15 juillet 2006 à ce jour

Dans le premier cas, il s'agit des causes naturelles ou accidentelles indépendantes du réseau. On distingue deux grands types de **causes externes** :

- **Les perturbations atmosphériques** (orage, brouillard, givre...) qui sont la principale cause de défaut sur les lignes aériennes,
- **Les causes diverses et accidentelles** : amorçages avec des corps étrangers (branches, oiseaux...), amorçages avec divers engins (grues, engins de terrassement...), pollution.

Dans le second cas, les défauts ont pour origine le réseau lui-même. **Les causes internes** sont principalement :

- **Les avaries de matériels** (lignes, câbles, transformateurs, réducteurs de mesures, disjoncteurs) engendrées par des ruptures mécaniques ou le vieillissement des isolants,
- **Les manœuvres inopportunes** liées à une défaillance humaine ou matérielle.

Un défaut a pour conséquence, dans la très grande majorité des cas, l'apparition d'un courant de court-circuit qui doit être éliminé par la mise hors tension de l'ouvrage en défaut. De ce fait, les défauts qui affectent les différents composants du réseau constituant, vis-à-vis des utilisateurs, la principale cause d'interruption de fourniture d'énergie électrique.

Indépendamment de son origine, **un défaut peut être de deux natures différentes** :

- **Défaut fugitif**, si après un isolement de courte durée l'ouvrage concerné peut être remis sous tension (contournement d'une chaîne d'isolateur dû à une surtension atmosphérique par exemple),
- **Défaut permanent**, lorsqu'il s'accompagne d'une avarie (ou d'une présomption d'avarie) de matériel nécessitant une intervention pour réparation ou contrôle avant remise en service de l'ouvrage.

3.2 Régime de neutre

Le mode de raccordement à la terre du(des) point(s) neutre(s) des installations à la tension du RPT détermine les niveaux des grandeurs électriques : intensité des courants de défaut à la terre, surtension, tension de contact, de toucher, de pas ...

Pour assurer la protection des personnes contre les risques de contact avec les masses mises accidentellement sous tension, l'arrêté du 17 mai 2001 (et plus particulièrement son article 66) prévoit notamment la mise à la terre du neutre des ouvrages HTB du réseau public de transport.

Sur le RPT, cette mise à la terre est réalisée en règle générale par l'intermédiaire d'une inductance de neutre au niveau des transformateurs « source » côté RPT, permettant ainsi aux grandeurs électrotechniques au point de réseau considéré d'être compatibles avec les contraintes citées.

Les exigences de RTE en terme d'impédance homopolaire sont en général les suivantes :

- En 225 kV, le rapport « impédance homopolaire sur impédance directe » est compris entre 1 et 3 en tout point du réseau.

Document valide pour la période du 15 juillet 2006 à ce jour

- En 90 kV, l'impédance homopolaire résultante en tout point du réseau est comprise entre 10 et 120 ohms.
- En 63 kV, l'impédance homopolaire résultante en tout point du réseau est comprise entre 10 et 90 ohms.

3.3 Courants de court-circuit

Les courants de court-circuit engendrés par les défauts perturbent le bon fonctionnement du système. Ils provoquent en effet :

- Des chutes de tension (creux de tension) sur le réseau, dont l'amplitude et la durée sont fonction de la forme - monophasée ou polyphasée - des défauts ainsi que de leur emplacement,
- Des contraintes d'échauffement et des efforts électrodynamiques au niveau des matériels qui peuvent avoir des effets destructeurs si les limites de tenue du matériel sont dépassées,
- Des contraintes dynamiques (en particulier d'accélération) au niveau des groupes de production,
- Des risques vis-à-vis des tiers, par élévation du potentiel de terre provoquée par le courant de court-circuit.

Vis-à-vis de ces différentes contraintes, la durée des défauts est déterminante et les temps d'élimination doivent être parfaitement maîtrisés.

3.4 Elimination des défauts

Lorsqu'un défaut d'isolement apparaît sur un ouvrage du réseau, il faut mettre l'ouvrage concerné hors tension en déclenchant le ou les disjoncteurs qui le relie au reste du réseau. Les fonctions de détection du défaut et de commande de déclenchement des disjoncteurs HTB concernés sont assurées par des dispositifs particuliers : les protections contre les défauts d'isolement.

La fonction de protection est une des fonctions les plus critiques pour la sûreté du système.

On attend des protections un fonctionnement sûr, sélectif et rapide, et répondant aux exigences de sécurité des biens et des personnes¹.

3.4.1 Sécurité des personnes et des biens

Tout défaut d'isolement, quelle que soit sa localisation et quelle que soit sa forme (polyphasé ou monophasé, franc ou résistant), doit être éliminé de manière à ce que le risque de dommage corporel et matériel soit limité à un niveau défini dans l'arrêté du 17 mai 2001.

Cette exigence est satisfaite par l'existence, au sein du système de protection, de moyens particuliers permettant d'éliminer tout défaut :

- par l'action du système de protection de l'ouvrage en défaut,

¹ au sens de la norme ISO 8402 Management de la qualité – Vocabulaire «risque de dommages corporels et matériels limité à un niveau acceptable »

Document valide pour la période du 15 juillet 2006 à ce jour

- et/ou par l'action du système de protection de tous les autres ouvrages, qui participent à l'alimentation du défaut.

3.4.2 Sûreté de fonctionnement

En cas de défaillance du système de protection (d'un équipement de protection, d'un réducteur de mesure, d'un disjoncteur, de l'alimentation auxiliaire des ces équipements...), l'élimination de certains défauts doit se faire dans des conditions aussi proches que possible des performances nominales demandées ou sinon, au moins en un temps défini.

3.4.3 Sélectivité

La sélectivité, c'est-à-dire le déclenchement des seuls disjoncteurs délimitant l'ouvrage en défaut, doit être systématiquement recherchée, et pleinement assurée en l'absence de défaillance du système de protection.

3.4.4 Rapidité d'élimination

L'élimination des défauts doit être suffisamment rapide pour pouvoir garantir :

- la tenue des matériels du RPT ainsi que de tout autre réseau (réseaux de télécommunications, d'hydrocarbures ...) situés au voisinage,
- la sûreté de fonctionnement du système électrique (perte de synchronisme des groupes de production),
- la qualité de fourniture de l'énergie délivrée aux utilisateurs du RPT.

3.5 Plans de protection

L'ensemble des protections d'un réseau ainsi que les exigences de coordination entre ces protections constituent un «plan de protection». Pour le RPT, les plans de protection² se déclinent en différents paliers techniques : Plan 75, Plan 83 et Plan 86 pour la HTB3, plan électromécanique et plan statique pour la HTB2 et la HTB1. Chaque plan doit être tel qu'en cas de défaillance d'une protection ou d'un disjoncteur, un secours soit toujours assuré. Ce secours peut être réalisé soit localement (par exemple par doublement des protections...), soit à distance par les protections des autres ouvrages du réseau. Le secours aura des performances (sélectivité, rapidité...) plus ou moins élevées suivant la nature du réseau concerné : réseaux d'interconnexion, réseaux de répartition, etc.

Le plan de protection spécifie en outre les besoins en matière de reprise automatique de service des installations des utilisateurs, dont les moyens associés, souvent fondés sur des contrôles de présence/absence de tension, sont influencés par les sources de tension que constituent les groupes de production.

Le plan de protection des réseaux maillés (ou bouclés) est plus complexe que celui qui protège les réseaux en antenne, car en cas de défaut sur une ligne d'un réseau maillé, le courant se répartit sur les différentes branches du réseau.

² Pour plus d'informations sur les différents plans de protection, se reporter à l'annexe A.1.6 du Mémento de la Sûreté du Système Electrique disponible sur le site internet de RTE: http://www.rte-france.com/htm/fr/qui/qui_reseau_memento.jsp

Document valide pour la période du 15 juillet 2006 à ce jour

En HTB3, il est nécessaire d'éliminer les défauts polyphasés en un temps très court pour ne pas compromettre la stabilité des groupes. Le système de protection fait appel à des protections électroniques ou numériques associées à des asservissements entre postes (accélération de stade par exemple). Les temps typiques d'élimination, temps de fonctionnement des disjoncteurs compris, sont de l'ordre de :

- Pour les défauts lignes : 80 à 120 ms,
- Pour les défauts barres : 75 ms pour les nouvelles dispositions (protections différentielles de barres), de 140 à 170 ms pour l'ancienne technologie (protections directionnelles de barres),
- Pour les défauts avec défaillance d'un disjoncteur : 190 à 270 ms.

En HTB2, les équipements de protections électromécaniques tendent à disparaître au profit de l'électronique et du numérique dans le cadre des programmes de renouvellement, que cela soit au titre des contraintes de stabilité (pour les postes dits alors « postes proches ») ou au titre de la vétusté. L'utilisation d'asservissements entre postes (téléactions...), nécessaires notamment dans le cas des postes proches tend à se développer pour les autres installations (prise en compte de contraintes de qualité de fourniture). Les temps typiques d'élimination, temps de fonctionnement des disjoncteurs compris, sont de l'ordre de :

- Pour les défauts lignes : 120 à 150 ms (postes proches), 140 à 800 ms en général pour les autres postes (< à 250 ms si téléactions),
- Pour les défauts barres : 95 ms (postes proches, équipés d'une protection spécifique de barres), de 600 à 800 ms pour les autres postes.

En HTB1, les systèmes de protections sont de technologies diverses, électromécanique pour les plus anciennes et numériques pour les plus récentes. Les programmes de renouvellement conduisent au remplacement des matériels les plus anciens par des matériels de nouvelle technologie. En zone sensible, des asservissements entre postes (téléactions) peuvent également être utilisés. Les temps d'élimination typiques, temps de fonctionnement des disjoncteurs compris sont de l'ordre de :

- Pour les défauts lignes : 140 à 800 ms (< à 250 ms si téléactions),
- Pour les défauts barres : 95 ms (postes équipés d'une protection spécifique de barres), de 600 ms à 1s pour les autres postes, exceptionnellement jusqu'à 3s pour le dernier disjoncteur concerné.

4. MISE EN ŒUVRE DES EXIGENCES PAR LES UTILISATEURS

Il appartient à l'utilisateur d'équiper son installation d'un système de protection qui élimine tout défaut d'isolement au sein de son installation susceptible de créer un surintensité ou une dégradation de la qualité de l'électricité sur le RPT (cf. article 6 de l'arrêté raccordement des producteurs au RPT et article 7 de l'arrêté raccordement des consommateurs au RPT).

De plus, le raccordement au RPT d'une installation de production ou de consommation génère notamment au niveau de la liaison et du poste de raccordement, des risques importants pour le fonctionnement du système électrique, de ses différents composants (ouvrages) et de toutes les activités associées ou situées dans son environnement. En particulier, ces installations

Document valide pour la période du 15 juillet 2006 à ce jour

peuvent participer à l'alimentation des défauts d'isolement (court-circuit) affectant le RPT : ces situations nécessitent que soit défini, mis en œuvre, exploité et maintenu un système de protection visant à isoler très rapidement l'ouvrage.

Pour cela, RTE fournit à l'utilisateur un cahier des charges fonctionnel du système de protection, dont un volet est l'expression des besoins locaux en matière de performances du système de protection à mettre en œuvre.

Cette expression des besoins est établie sur la base du Plan de protection des réseaux concernés (électromécanique ou statique) et en fonction du mode de raccordement local qui est déterminant (nature du niveau de tension, nature des ouvrages : lignes aériennes, liaisons souterraines, raccordement sur les jeux de barres d'un poste RPT...).

Elle repose sur le principe que le raccordement de l'installation de production ou de consommation ne doit pas dégrader les performances de fonctionnement du RPT ni la qualité de la tension aux points de raccordement des autres utilisateurs.

Le cahier des charges remis par RTE à l'utilisateur doit être par conséquent cohérent avec le plan de protection du RPT et ses évolutions programmées. Il précise notamment les caractéristiques électriques des ouvrages et des protections du RPT nécessaires pour que le fonctionnement des protections de l'installation de production ou de consommation soit coordonné avec celles du RPT.

Le cahier des charges indique aussi, à titre d'information, la protection « en secours éloigné » éventuellement assurée par les protections du RPT vis-à-vis de l'installation de production ou de consommation.

L'expression des besoins définit les performances du système de protection à mettre en œuvre par l'utilisateur sur les points suivants :

4.1 Régime de neutre des ouvrages HTB de l'installation

Afin de compléter les prescriptions générales de l'arrêté du 17 mai 2001 qui ne s'appliquent qu'au RPT, l'article 7 de l'arrêté raccordement des producteurs au RPT et l'article 8 de l'arrêté raccordement des consommateurs au RPT prévoient que les ouvrages HTB de l'installation de production ou de l'installation de consommation raccordée en HTB3 ou HTB2 ou HTB1 avec plus de 12 MW de production, doivent comporter un dispositif de mise à la terre du point neutre.

Ce dispositif doit être conçu et réalisé de telle sorte que l'impédance homopolaire globale du niveau HTB au(x) point(s) de livraison de l'installation ne doit pas être inférieure à une certaine valeur spécifiée par RTE dans le cahier des charges fonctionnel du système de protection.

L'utilisateur est responsable de la conception, de la réalisation et de l'entretien du dispositif de mise à la terre de manière à ce que ces exigences soient respectées.

Pour une installation de consommation raccordée en HTB1 avec moins de 12 MW de production, l'article 8 de l'arrêté raccordement des consommateurs au RPT prévoit que le point neutre n'est pas relié à la terre.

Document valide pour la période du 15 juillet 2006 à ce jour

4.2 Elimination des défauts d'isolement

Les performances attendues sont exprimées dans le cahier des charges en terme de temps d'élimination des défauts d'isolement monophasés et polyphasés selon les trois types suivants :

- temps d'élimination normale correspondant aux exigences de rapidité et sélectivité,
- temps d'élimination avec défaillance correspondant aux exigences de sûreté de fonctionnement,
- temps maximal d'élimination correspondant aux exigences de sécurité des personnes et des biens,

et pour chacune des cinq localisations de défauts suivantes :

- défaut situé sur l'installation privée en aval de son jeu de barres HTB,
- défaut situé sur le jeu de barres HTB de l'installation,
- défaut situé sur la (ou les) liaison(s) de raccordement,
- défaut situé sur le jeu de barres du poste RTE de raccordement,
- défaut situé sur les ouvrages lignes et transformateurs raccordés au poste RTE de raccordement.

Ces performances attendues peuvent être complétées des précisions suivantes :

Sélectivité

Dans le cas du raccordement par une ligne aérienne HTB2 ou HTB3, l'élimination en cas de défaut monophasé pas ou peu résistant peut être réalisée par l'ouverture de la seule phase en défaut (cette disposition est systématiquement réalisée sur le réseau HTB3 et HTB2 du RPT). Dans le cas d'un producteur, ce besoin s'appuie sur la recherche de la meilleure disponibilité en matière d'évacuation d'énergie dans la mesure où le producteur l'accepte et où le(s) groupe(s) l'admet(tent) techniquement (stabilité).

Sûreté de fonctionnement

Dans certaines situations RTE pourra requérir par exemple :

- Le doublement des protections principales sélectives (une très faible probabilité de défauts sur la (les) liaison(s) de raccordement associée à l'assurance de réaliser une maintenance préventive de haute qualité constituant des éléments significatifs pour ne pas y recourir). Ceci vaut pour les raccordements en HTB3, HTB2 ou en HTB1 dans certains cas (postes HTB3/HTB1 et certains postes HTB2/HTB1 ou d'étoilement HTB1, à haut niveau de qualité).
- Le traitement de la «défaillance disjoncteur » (à l'ouverture sollicitée par une protection contre les défauts d'isolement) dans le cas d'un raccordement direct sur le jeu de barres du poste du RPT (sans liaison de raccordement équipée de disjoncteurs). Il s'agit de la prise en compte par l'utilisateur et par RTE d'une action de séparation instantanée de ses installations, suite à la détection par RTE ou par l'utilisateur de la défaillance d'un des

Document valide pour la période du 15 juillet 2006 à ce jour

organes de coupure du poste. Il en est de même de la prise en compte d'un ordre de déclenchement issu de la protection de barres du poste RPT dans cette même configuration de raccordement.

Sécurité des personnes et des biens

Elle peut être assurée par l'existence, au sein du système de protection, d'équipement(s) assurant un secours « local » permettant l'élimination d'un défaut affectant la liaison de raccordement, et un secours « éloigné » permettant l'élimination d'un défaut affectant les ouvrages du RPT situés en amont de la liaison de raccordement, en un temps acceptable (de l'ordre de quelques secondes au maximum), en cas de défaillance et quelle qu'en soit son origine (défaut résistant, avarie réducteur de mesure, défaut de mode commun...).

4.3 Reprise de service

Il faut identifier les contraintes locales de reprise de service automatique (cycle de réenclenchement monophasé, triphasé, lent et/ou rapide, fonctionnement de « bascule lente et/ou rapide »...) dont le bon fonctionnement doit être préservé, indépendamment du mode de raccordement.

5. MISE EN ŒUVRE PARTICULIÈRE D'EXIGENCES PAR LES DISTRIBUTEURS

Les conditions de raccordement des réseaux de distribution au réseau de transport font que la mise en œuvre des règles génériques décrites dans les parties 3 et 4 conduit à une variété de situations en ce qui concerne le partage des responsabilités en matière de protection entre RTE et le distributeur.

En effet, pour des raisons aussi bien fonctionnelles qu'historiques, il existe différentes configurations des limites entre RPD et RPT. En particulier, les postes sources sont très souvent des postes de propriété partagée et font partie à la fois du RPD et du RPT. Les limites de propriété entre RTE et le distributeur dans ces postes se positionnent compte tenu de la structure du poste, de son importance relative pour chaque réseau et du type de poste (ouvert, en bâtiment, blindé...).

Compte tenu de cette situation, le projet d'arrêté relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement au réseau public de transport d'un réseau public de distribution a prévu que le distributeur et RTE conviennent des moyens à mettre en œuvre, chacun dans sa partie du poste source, pour assurer les fonctionnalités de protection décrites au 3 de ce chapitre. RTE fournit ensuite au distributeur un cahier des charges fonctionnel du système de protection que ce dernier doit respecter sur ces installations.