Documentation Technique de Référence

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 xx à ce jour 9 pages

Document valide pour la période du xx à ce jour

Utilisateurs concernés : tous.

SOMMAIRE

1. RAPPEL DES EXIGENCES REGLEMENTAIRES 3

2. ENJEUX POUR LE SYSTEME ELECTRIQUE ET LES UTILISATEURS 3

3. PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT 4
3.1 Origine et nature des défauts 4
3.2 Régime de neutre 4
3.3 Courants de court-circuit 5
3.4 Elimination des défauts 5
3.4.1 Sécurité des personnes et des biens 6
3.4.2 Sûreté de fonctionnement 6
3.4.3 Sélectivité 6
3.4.4 Rapidité d'élimination 6
3.5 Plans de protection 7

4. MISE EN ŒUVRE DES EXIGENCES PAR LES UTILISATEURS 8
4.1 Généralités 8
4.2 Périmètre de responsabilité 9
4.2.1 Indépendance de fonctionnement entre réseaux 9
4.2.2 Application aux différents types d'utilisateurs du réseau 10

Document valide pour la période du xx à ce jour

1. RAPPEL DES EXIGENCES REGLEMENTAIRES

- Article 66 de l'arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.

Pour les installations de production :
- Règlement n°2016/631 de la Commission du 14 avril 2016 établissant un code de réseau sur les exigences applicables au raccordement au réseau des installations de production d'électricité.
- Articles 12 et 13 de l'arrêté du XX relatif aux exigences techniques applicables aux raccordements aux réseaux publics de transport et de distribution d'électricité.

Pour les installations de consommation :
- Règlement n°2016/1388 de la Commission du 17 août 2016 établissant un code de réseau sur le raccordement des réseaux de distribution et des installations de consommation.
- Articles 108 et 109 de l'arrêté du XX relatif aux exigences techniques applicables aux raccordements aux réseaux publics de transport et de distribution d'électricité.

Pour les installations des distributeurs :
- Règlement n°2016/1388 de la Commission du 17 août 2016 établissant un code de réseau sur le raccordement des réseaux de distribution et des installations de consommation.
- Article 137 et 138 de l'arrêté du XX relatif aux exigences techniques applicables aux raccordements aux réseaux publics de transport et de distribution d'électricité.

Pour les systèmes HVDC :
- Règlement (UE) 2016/1447 de la Commission du 26 août 2016 établissant un code de réseau relatif aux exigences applicables au raccordement au réseau des systèmes en courant continu à haute tension et des parcs non synchrones de générateurs raccordés en courant continu (désigné ci-après par code HVDC).
- Article 102 de l'arrêté du XX relatif aux exigences techniques applicables aux raccordements aux réseaux publics de transport et de distribution d'électricité.

2. ENJEUX POUR LE SYSTEME ELECTRIQUE ET LES UTILISATEURS

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

- **Minimiser les risques pour la sécurité des personnes.**
- **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.

Document valide pour la période du xx à ce jour

- **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.

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 par un certain nombre de défauts d'isolement qui peuvent être d'origine externe ou interne.

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 constituent, 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 ...

Ces données sont déterminantes vis-à-vis de la sécurité des personnes et des biens.

Document valide pour la période du xx à ce jour

Vis à vis des 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 et la protection du réseau avec des systèmes automatiques empêchant que ne subsistent des défauts sur les masses ou directement à la terre. Sur le RPT, la 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 de rester dans des plages maîtrisées.

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

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

RTE définit une stratégie de protection en cohérence avec le régime de neutre des réseaux.

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 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 relient 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.

Document valide pour la période du xx à ce jour

On attend des protections un fonctionnement sûr, sélectif et rapide, et répondant aux exigences de sécurité des biens et des personnes[1].

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 minimiser le risque de dommage corporel et matériel.

Cette exigence est satisfaite par l'action coordonnée :

- du système de protection de l'ouvrage en défaut : le déclenchement est attendu,
- des systèmes de protection des autres ouvrages qui participent à l'alimentation du défaut et constituent éventuellement une barrière additionnelle,
- des systèmes de réenclenchement automatique.

3.4.2 Sûreté de fonctionnement

En cas de défaillance du système de protection, l'élimination des défauts doit se faire dans un temps maitrisé, aussi proche que possible du temps nominal.

En cas de défaillance d'un disjoncteur, on admet généralement que le temps d'élimination du défaut atteigne 300ms (hors plan de protection 400 KV et certains postes 225 kV, pour lequel on retient 250ms).

3.4.3 Sélectivité

La sélectivité, c'est-à-dire le déclenchement des seuls disjoncteurs délimitant l'ouvrage en défaut, doit être systématiquement assurée vis-à-vis d'un défaut sur le RPT.

Dans le cas d'une liaison à deux disjoncteurs (l'un appartement au RPT, l'autre au client) : vis-à-vis d'un défaut en propriété HTB Client, la sélectivité du DJ du RPT peut nécessiter la mise en œuvre de schémas de téléprotections. Une telle option conduit à augmenter le temps d'élimination par la protection au poste de raccordement. De ce fait, en pratique, cette sélectivité n'est que rarement mise en œuvre.

Cependant, indépendamment de toute considération liée à la sélectivité, l'exigence suivante est toujours applicable : pour tout défaut affectant les installations HTB du client, l'élimination de l'apport de courant de court-circuit en provenance du RPT doit être assurée par une protection et un disjoncteur appartenant au client.

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 l'électricité (QdE) délivrée aux utilisateurs du RPT (durée des creux de tension et continuité d'alimentation).

[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 xx à ce jour

3.5 Plans de protection

Les protections d'un réseau sont choisies et coordonnées suivant un « plan de protection[2] ».

Cette notion définit un palier fonctionnel, généralement adossé à un ou plusieurs paliers technologiques.

Le palier fonctionnel est conçu pour satisfaire les principaux enjeux du réseau (sureté du système, tenue des matériels, QdE, sécurité,…). Il doit constituer une réponse optimale du point de vue technique et économique et être en mesure de supporter les aléas de l'exploitation du réseau et de son évolution.

Le plan de protection prend en compte les conséquences des défaillances matérielles ou fonctionnelles, de manière à ce que les risques induits en Exploitation restent acceptables, au vu de leur occurrence et de leur gravité.

Par exemple, pour un départ liaison, le recours à une redondance fonctionnelle des protections est la norme, mais le doublement des réducteurs n'est pas requis, compte tenu de la fiabilité des matériels, et de leur éventuelle supervision. En complément des secours locaux assurés par redondance fonctionnelle, différents niveaux de secours éloignés existent, vis-à-vis de défauts survenant sur le réseau HTB.

Ces propriétés s'appliquent sur un réseau maillé (ou bouclé), avec une forte diversité topologique. Ceci explique que chaque raccordement de Client doit être examiné avec méthode, vis-à-vis des impacts sur le réseau et sur les installations raccordées.

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 équipements numériques constitués en téléprotections et assurant un dialogue entre postes (protections différentielles, schémas de téléactions entre protections de distance). Les temps typiques d'élimination, temps de fonctionnement des disjoncteurs compris, sont de l'ordre de :

- pour les défauts lignes : 60 à 120 ms,
- pour les défauts barres : 60 à 75 ms (protections différentielles de barres).

L'élimination des défauts des lignes aériennes est réalisée par phase, lorsque le défaut est monophasé.

En HTB2, les performances varient selon la sensibilité des groupes de production contribuant à la stabilité du système (les postes sont dits alors « postes proches »), les besoins liés à la tenue des matériels (liaisons souterraines,…), les gabarits de creux de tension d'origine contractuelle ou réglementaire. Les temps typiques d'élimination, temps de fonctionnement des disjoncteurs compris, sont de l'ordre de :

- pour les défauts lignes : 60 à 160 ms (téléprotections), 60 à 800 ms en l'absence de téléaction,

[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://clients.rte-france.com/htm/fr/mediatheque/telecharge/memento_surete_2004/memento_surete_2004_complet_.pdf

- pour les défauts barres : 60 à 75 ms (postes proches, équipés d'une protection spécifique de barres), de 600 à 800 ms pour les autres postes.

L'élimination des défauts des lignes aériennes est réalisée par phase, lorsque le défaut est monophasé.

En HTB1, la puissance de court-circuit est moindre, le recours aux téléprotections est moins répandu que sur le réseau HTB2, mais s'impose toutefois pour les liaisons courtes, afin d'instruire la sélectivité. Comme sur le réseau HTB2, l'utilisation de moyens de télécommmunication tend à augmenter, notamment pour tenir compte des portions « mises en souterrain ». Les temps typiques d'élimination, temps de fonctionnement des disjoncteurs compris, sont de l'ordre de :

- pour les défauts lignes : 80 à 800 ms,
- pour les défauts barres : 75 à 300ms (postes équipés d'une protection spécifique de barres), de 400 ms à 1s pour les autres postes, exceptionnellement jusqu'à 2s pour le dernier disjoncteur concerné.

L'élimination des défauts est toujours réalisée par le déclenchement des trois phases.

Les plans de protection définissent également la fonction de ré-enclencheur, qui permet une remise en service automatique des ouvrages après quelques secondes, à la suite d'un défaut fugitif.

Cette fonction, dont les critères s'appuient sur des contrôles de présence/absence de tension et sur des contrôles d'écarts de tension et de synchronisme entre réseaux,.contribue à la sécurité d'alimentation des Clients.Du fait de la nature locale de ses contrôles, le réenclenchement automatique ne peut exclure tout risque de renvoyer la tension sur un défaut d'isolement. Il est donc primordial qu'un défaut situe sur l'installation HTB d'un Client soit éliminé par les protections du client.

4. MISE EN ŒUVRE DES EXIGENCES PAR LES UTILISATEURS

4.1 Généralités

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 une surintensité ou une dégradation de la qualité de l'électricité sur le RPT. Un tel défaut, s'il n'est correctement éliminé, peut également affecter la sûreté de fonctionnement du réseau et la sécurité d'alimentation des autres Clients raccordés.

Pour cela, RTE fournit à l'utilisateur un cahier des charges fonctionnel du système de protection (« CdC 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 des plans de protection et en fonction du mode de raccordement local (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 CdC Protection définit les exigences relatives au régime de neutre et les performances

du système de protection à mettre en œuvre par l'utilisateur. Il précise notamment :

- la définition des zones de détection des différentes protections : soit pour spécifier un déclenchement effectif, soit pour spécifier un non déclenchement au titre de la sélectivité;
- la définition des performances d'élimination : temps d'élimination normale, temps avec défaillance (sûreté), temps maximal (sécurité).

Les performances spécifiées (sauf mention explicite) sont applicables au système de protection du Client et prennent en compte les enjeux du réseau et les conditions liées aux sélectivités recherchées.

Le client est responsable de la conception de son installation. A ce titre, il complète la spécification de performance du CdC Protection avec ses besoins propres.

La conception et le réglage du système de protection du client doit également garantir que l'installation répond aux exigences en matière de capacités constructives relatives notamment au comportement en régime exceptionnel (de fréquence et de tension), et à la reprise de service détaillées dans le ***cahier des charges des capacités constructives***. *Nota : Par exemple, pour une production, les éventuels dispositifs d'effacement (protection de découplage,…) requis vis-à-vis des retours de tension liés aux réenclenchements sont hors du périmètre couvert par le CdC Protection.*

4.2 Périmètre de responsabilité

Le CdC Protection applicable à l'installation raccordée et le plan de protection applicable sur le reste du réseau doivent former un ensemble coordonné.

A ce titre, le périmètre d'élimination de défauts imposé par le CdC Protection porte principalement sur la liaison et sur le poste de raccordement, les autres liaisons étant couvertes par le plan de protection du RPT. Cependant, il est admis que les protections du Client puissent détecter des défauts sur les lignes en amont du poste de raccordement. Ainsi, même si une détection n'est pas imposée pour un défaut sur cette zone, le CdC Protection comporte toujours une condition de sélectivité, vis-à-vis des protections du RPT.

RTE n'intervient pas dans la conception des installations, mais spécifie et documente des performances compatibles avec les règles de l'art.

RTE privilégie les systèmes sans interdépendances, ou les systèmes dont les interdépendances ne dé-fiabilisent pas le raccordement et sont motivées par des besoins importants pour le client et/ou pour le RPT.

4.2.1 Indépendance de fonctionnement entre réseaux

Un fonctionnement indépendant est recherché entre les réseaux des différents niveaux de tension.

En particulier, RTE n'assure pas de secours vis-à-vis de l'élimination d'un défaut côté HTA (ou côté HTB1 lorsque le client est raccordé par un transformateur THT/HTB1).

Cependant, lors de l'étude du raccordement, il peut être détecté que l'élimination d'un défaut en propriété Client pourrait causer des creux de tension inacceptables sur le RPT, ou solliciter les protections du RPT. Ces situations sont instruites en concertation avec le Client.

Cette perte d'indépendance se produit notamment en cas de raccordement en piquage sur

une ligne du réseau HTB1. Dans ce cas, RTE examine si l'interaction est acceptable du point de vue de la sécurité, avant de confirmer la faisabilité du raccordement.

4.2.2 Application aux différents types d'utilisateurs du réseau

La méthode d'élaboration d'un CdC Protection ne dépend pas du niveau de tension ni du type de client (producteur, consommateur, distributeur).

Cependant, une différentiation intervient inévitablement au niveau des solutions, puisque les enjeux des clients et du RPT ne sont généralement pas les mêmes selon les raccordements : par exemple, pour une production thermique raccordée en HTB3, la performance en temps d'élimination et la sûreté de fonctionnement du système de protections peuvent être essentielles vu du RPT. Vu du Producteur, la sécurité de déclenchement (maîtrise de déclenchement intempestif) est très importante également. Pour une production type EnR raccordée en HTB2 ou HTB1, les niveaux de contraintes imposées par le réseau sont moins élevés, mais d'autres facteurs sont à considérer, comme la prise en compte du comportement particulier lié à la présence potentielle d'électronique de puissance.

Pour un client dont l'installation comporte des moyens de production, RTE demande une performance de « secours ultime », ayant pour objet l'élimination de tout type de défaut sur la liaison de raccordement, ou au poste de raccordement, après le fonctionnement des protections du RPT conduisant à une situation de « faible alimentation » limitée à l'apport de l'installation. Cette fonction privilégie naturellement une forte sensibilité, et des temps de déclenchements longs, dans la limite des temps de réenclenchements lents (typiquement 5s). Cette performance vient compléter l'élimination des défauts francs affectant la liaison ou les barres du poste de raccordement et pour lesquels un temps plus rapide est généralement recherché.

Pour une installation de Distribution, on devra tenir compte des solutions liées aux conventions techniques d'origine réglementaire entre gestionnaires de réseau, ce qui permet un allègement du CdC Protection.