

Techniques de conception réduisant l'énergie incidente d'un éclair d'arc électrique

Publication/
Détails de la présentation

James Lagree
Ingénieur en chef, Eaton

Chris M. Finen, P.E.
Ingénieur d'application
principal, Eaton

Michael J. DeFloria, P.E.
Ingénieur d'application
principal, Eaton

Protection des réseaux électriques par la coordination des protections programmée par zones (ZSI) et mode d'entretien à énergie incidente réduite

Table des matières

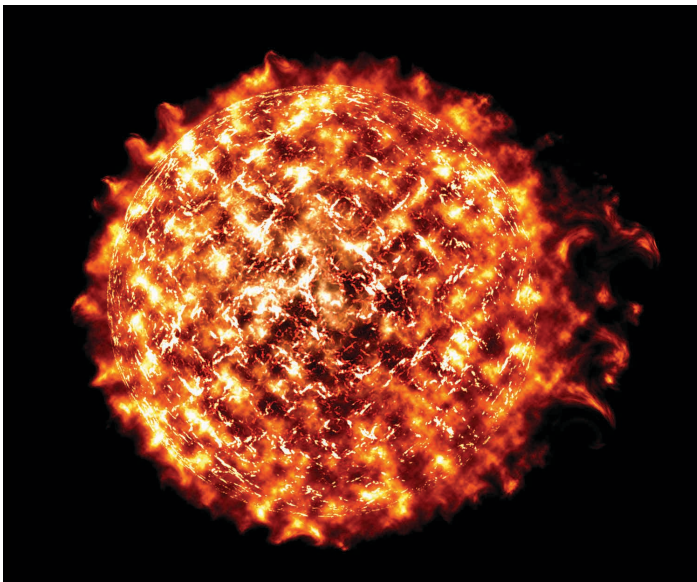
Description	Page
L'importance de la sécurité en matière d'arc électrique	2
Normes de sécurité applicables	2
Article 240.87 du National Electrical Code (NEC) américain	2
Atténuation des risques associés aux arcs électriques lors de l'entretien	3
Coordination des protections programmée par zones	3
Description de la méthode.	3
Avantages, difficultés et principales considérations	3
Hausse de la sécurité lors de l'entretien — Système de réduction de la formation d'éclair d'arc durant l'entretien ^{MC} : technologie ARMS	4
Description de la méthode.	4
Avantages, difficultés et principales considérations	5
Exemples: mode d'entretien à énergie incidente réduite	5
Déclenchement instantané et contournement instantané	6
Description de la méthode.	6
Avantages, difficultés et principales considérations	6
Le meilleur des deux mondes: Coordination des protections programmée par zones (ZSI) + Système de réduction de la formation d'éclair d'arc durant l'entretien ^{MC} (ARMS)	6
Sécurité rehaussée: protection du personnel et endommagement réduit de l'équipement	7

L'importance de la sécurité en matière d'arc électrique

Il existe une série de risques inhérents aux interventions sur de l'appareillage sous tension. Même la plus simple des procédures d'inspection expose le personnel à une électrisation ou même à une électrocution. Afin de réduire ces risques, toute intervention sur de l'équipement électrique doit toujours se faire alors que celui-ci est hors tension. Malheureusement, il n'est pas toujours pratique ni même possible de procéder ainsi. De plus, les étapes liées à la confirmation de la mise hors tension des circuits électriques comportent en elles même des risques.

Les statistiques le prouvent: le travail sous tension est dangereux. Ainsi, le U.S. Bureau of Labor Statistics indique avoir enregistré près de 6000 décès liés à des blessures de nature électrique entre 1992 et 2013. Le nombre de blessures non mortelles s'éleva quant à lui à 24 100 au cours de cette période. Ces incidents impliquent des travailleurs de toutes les industries, de tout niveau d'expérience et de tous âges. Cette situation est comparable à celle du Canada. L'exposition aux éclairs et aux éclats d'arcs constitue sans nul doute l'une des plus importantes préoccupations de sécurité dans les applications de distribution électrique.

Les dispositifs de protection contre les surintensités ont pour fonction de couper le courant à la suite de la détection d'un défaut. Le principal paramètre de réduction de la dangerosité des arcs électriques est justement le délai d'opération des dispositifs de protection contre les surintensités.



Sommaire des dangers liés à un éclair d'arc:

- Un éclair d'arc génère un boule de plasma explosive dans l'appareillage électrique
- Atteinte d'une température supérieure à 20 000°C (4x supérieur au Soleil)
- Émission d'une onde sonore de 141,5 dB
- L'expansion rapide de l'air en raison du dégagement de chaleur et de la vaporisation des métaux génère une onde de pression de près de 10,5 tonnes par m² (2160 psf)

Normes de sécurité applicables

Au vu de ces dangers, les éclairs d'arcs nécessitent toute notre attention. Ainsi, une série de normes ont été développées à leur égard par OSHA, IEEE et NFPA aux États-Unis et par la CSA au Canada. Ces normes en constante évolution guident les employeurs et leurs employés dans l'évaluation et l'amélioration des systèmes électriques, des méthodes de travail et de l'équipement de protection contre l'électrocution et les éclairs d'arcs.

Les méthodes de travail de la OSHA sont basées sur les normes NFPA 70 et NFPA 70E, qui visent à protéger les gens et les biens contre les dangers liés à l'électricité. Les normes canadiennes, notamment le Code canadien de l'électricité (CSA C22.1), CSA Z462 et autres de la même famille sont habituellement similaires aux normes américaines. Les normes NFPA 70 et 70E, le CCÉ et la norme CSA Z462 concernent les principes de conception, d'installation et d'inspection sécuritaires d'installations électriques et décrivent les principes de travail sécuritaire en cette matière. Selon NFPA 70E, l'exigence de base consiste en la mise en place d'un programme de sécurité comportant des responsabilités bien définies. On y définit aussi les calculs servant à établir le niveau de danger d'un éventuel éclair d'arc, l'étiquetage d'avertissement de l'appareillage électrique, les ÉPI, les outils sécuritaires et la formation.

L'énergie incidente selon le NEC

La toute première technologie jamais mentionnée dans le NEC relativement aux éclairs d'arcs fut l'équipement de protection contre les défauts à la terre (GFPE), dans l'édition de 1971. L'article 230.95, "Ground-Fault Protection of Equipment" et son équivalent canadien 14-102 "Protection contre la fuite à la terre" visaient à prévenir les incidents survenant dans l'appareillage des entrées électriques. Au fil des années, la portée de cet article s'est élargie et couvre maintenant les systèmes en étoile solidement mis à la terre d'une tension supérieure à 150 V avec la terre, mais d'une tension inférieure à 1 kV entre les phases et ce, pour les interrupteurs d'isolement de 1000 A et plus.

Des modifications récentes au NEC (le Code de l'électricité américain), particulièrement à l'article 240.87, auquel le présent article se réfère, nous laissent croire que des modifications à cet article, similaires à celles du NEC sont à prévoir dans les prochaines éditions du CCÉ.

Ainsi, l'édition 2014 du NEC a étendu les exigences relatives à la réduction de l'énergie incidente dégagée par les disjoncteurs. L'article 230.95 définit aussi plus clairement les conditions nécessitant son application. Ainsi, l'article 240.87 s'applique désormais aux disjoncteurs dont la plus haute valeur de déclenchement des dispositifs de protection contre les surintensités comporte une valeur nominale ou peut être réglée à 1200 A ou plus. L'édition 2014 du NEC définit les méthodes approuvées de réduction de l'énergie incidente dégagée par les éclairs d'arc électrique:

1. Coordination des protections programmée par zones (ZSI)
2. Systèmes à relais différentiels
3. Mode d'entretien à énergie incidente réduite avec indicateur local d'état;
4. Systèmes actifs d'atténuation de l'énergie incidente des éclairs d'arcs;
5. Ou toute autre mesure équivalente approuvée.

On retrouve dans l'édition 2017 du code deux autres méthodes de réduction des distances de dégagement et on y maintient aussi la possibilité de recourir à des mesures équivalentes approuvées, ce qui permet de suivre l'évolution de la technologie.

6. Valeur nominale de déclenchement instantané inférieure au courant d'arc disponible

7. Valeur nominale de contournement instantané inférieure au courant d'arc disponible
8. Ou toute autre mesure équivalente approuvée.

Atténuation des risques associés aux arcs électriques lors de l'entretien

La norme NFPA 70E (CSA Z462 au Canada) décrit six méthodes de réduction des risques, tant préventives que protectrices, selon la hiérarchie suivante: élimination, remplacement, contrôles techniques, systèmes de travail plus sécuritaires, contrôles administratifs et ÉPI. Le présent article met l'accent sur les méthodes techniques pouvant être considérées dès la conception initiale d'un système.

Les trois principaux facteurs déterminant la gravité d'un arc électrique sont:

1. Puissance de l'arc lui-même (courant de défaut disponible)
2. Distance de l'arc
3. Durée de l'arc

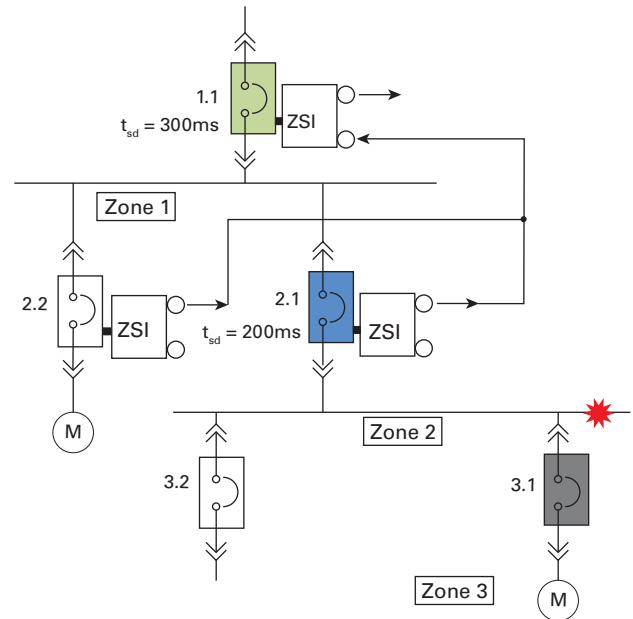
Bien que dans plusieurs applications il soit difficile de réduire le courant de défaut disponible ou la proximité d'un éventuel arc, il est tout à fait possible de réduire les délais d'ouverture des protections, ce qui réduit, souvent de manière importante, la valeur de l'énergie incidente. Le présent article porte sur les techniques de base permettant de raccourcir la durée des éclairs d'arc électrique par la réduction du délai de déclenchement des protections, selon des méthodes approuvées décrites à l'article 240.87 du NEC:

- Coordination des protections programmée par zones (ZSI), méthode active en permanence
- Activation d'un dispositif de réduction temporaire de l'énergie incidente par commutation lors de l'entretien, comme le Système de réduction de la formation d'éclair d'arc durant l'entretien^{MC} (ARMS), qui réduit temporairement (lors de son activation) les délais d'ouverture des protections en amont
- Intégration de la capacité de coupure instantanée d'un disjoncteur magnétique

Le présent article n'aborde pas les systèmes à relais différentiels, qui sont à la fois plus complexes et dispendieux. De plus, ce type de système convient plus particulièrement à l'appareillage de moyenne tension (plus de 1 kV), qui n'est pas couvert par l'article 240.87. Les systèmes à relais différentiels ressemblent aux systèmes de coordination des protections programmée par zones (ZSI), notamment en ce qu'ils détectent un défaut par l'entremise de transformateurs de courant installés dans la zone de protection définie. Ils réduisent aussi l'énergie incidente d'un éventuel éclair d'arc électrique par la réduction des délais de déclenchement des protections, mais cette fois-ci par l'entremise de relais différentiels. Même si le recours à des relais différentiels constitue une méthode efficace de réduction de l'énergie incidente, leur délai d'ouverture étant typiquement de 1 à 2 cycles plus rapide que la coordination des protections programmée par zones (ZSI), elle s'avère souvent impraticable dans les systèmes à basse tension en raison de son coût et de sa taille. De plus, cette méthode entraîne le déclenchement de tous les disjoncteurs dans la zone protégée et nécessite d'autres relais et transformateurs de courant pour protéger l'équipement en aval. Les systèmes actifs d'atténuation de l'énergie incidente des éclairs d'arcs ne sont également pas abordés dans le présent article. Bien qu'ils soient eux aussi efficaces, mais uniquement dans les systèmes à basse tension, ils sont typiquement plus onéreux et complexes à déployer.

Coordination des protections programmée par zones (ZSI)

Description de la méthode



La ZSI réduit les stress thermiques et mécaniques imposés à l'équipement de distribution électrique lorsque survient un court-circuit ou un défaut à la terre dans la zone protégée.

La ZSI permet au disjoncteur amont situé le plus près du court-circuit ou du défaut d'outrepasser les délais de coordination programmés, ce qui a pour effet de réduire l'énergie incidente d'un éclair d'arc grâce à un déclenchement plus rapide que les délais programmés d'origine.

L'activation de la ZSI nécessite deux éléments: la non-réception d'un signal de "blocage" émis par le disjoncteur le plus près en aval et la détection du courant de défaut. Ainsi, lorsque le disjoncteur amont détecte à la fois le courant de défaut et le signal de blocage aval, il respecte ses délais programmés et laisse le disjoncteur aval isoler le défaut. Lorsqu'un défaut survient entre ces deux mêmes disjoncteurs, le disjoncteur aval ne perçoit pas le courant de défaut et n'émet pas son signal de blocage: le disjoncteur amont ignore alors tout délai programmé et se déclenche le plus rapidement possible, ce qui réduit grandement l'énergie incidente d'un éclair d'arc électrique.

Comme la ZSI nécessite la détection d'une absence de signal de blocage, elle induit un délai d'ouverture d'une durée de 1 à 2 cycles, comparativement à un déclenchement instantané. En d'autres mots, le délai de réaction de la ZSI est plus long que celui d'une protection magnétique sans délai intentionnel.

Avantages, difficultés et principales considérations

La ZSI assure une protection quasi-équivalente à un système à relais différentiels, mais à un coût nettement inférieur. Les principaux avantages de la ZSI concernent sa compatibilité avec une grande variété de relais de protection et son coût relativement faible. À noter que cette méthode ne génère pas de déclenchements intempestifs. Le recours à la ZSI est approprié dans les systèmes de distribution à basse et à moyenne tension et le signal de blocage de la ZSI est interprétable par pratiquement tous les relais de protection du marché.

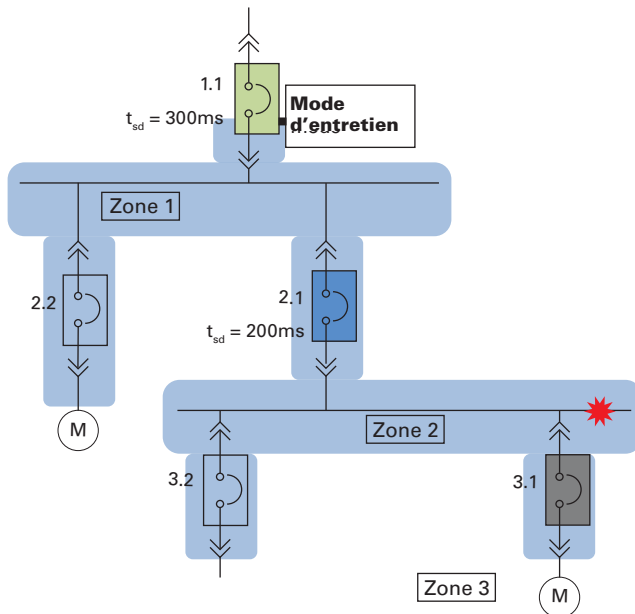
La ZSI est toujours active et ne nécessite pas l'intervention de l'utilisateur. Même si cette protection est considérée comme étant permanente, il est important de lui associer une indication visuelle d'activation, ce qui permet de se rassurer sur la disponibilité de ce système de réduction du délai de déclenchement.

Bien qu'il n'y ait pas lieu de douter de l'efficacité de cette méthode, elle comporte aussi un lot de défis, notamment la complexité de son câblage et de sa procédure d'essai. En effet, la ZSI nécessite un câblage relativement complexe entre les dispositifs de protection amont et aval. En plus du câblage complexe, ce type de système n'a historiquement jamais comporté d'indicateur de confirmation du bon état du système.

Toutefois, les relais de protection électroniques Power Xpert Release ajoutent d'intéressantes fonctionnalités à la ZSI. Ainsi, sur les modèles PXR équipés d'un afficheur ACL, les lettres ZSI s'affichent à l'écran lorsque la protection est active sur ce dispositif en particulier. L'afficheur des relais de protection Power Xpert Release comporte aussi le symbole coché \checkmark pour confirmer la réception d'un signal ZSI d'un relais aval. Ce symbole reste affiché tant et aussi longtemps que le relais de protection reste alimenté par sa source d'alimentation auxiliaire. Pour réinitialiser ce signal (effacer la coche), il suffit d'appuyer sur le bouton de réinitialisation (reset). La procédure d'essai de la réception d'un signal ZSI s'entame d'ailleurs par la réinitialisation de la coche de tous les relais de protection inter-réliés. L'étape suivante consiste à injecter un courant du double de la valeur nominale de déclenchement dans une protection aval. La procédure se poursuit avec l'inspection de tous les relais de protection PXR, pour s'assurer que la coche s'affiche uniquement là où elle le devrait, selon la configuration du système ZSI. En général, tous les relais directement en amont dans une même zone devraient afficher la coche de réception de signal, alors que les autres relais ne devraient pas l'afficher.

Note: Un système ZSI devrait uniquement comporter les composants d'un seul fabricant (câblage, interfaces de traitement de signal, application, etc.): la plupart du temps ces composants ne sont pas compatibles d'un fabricant à l'autre.

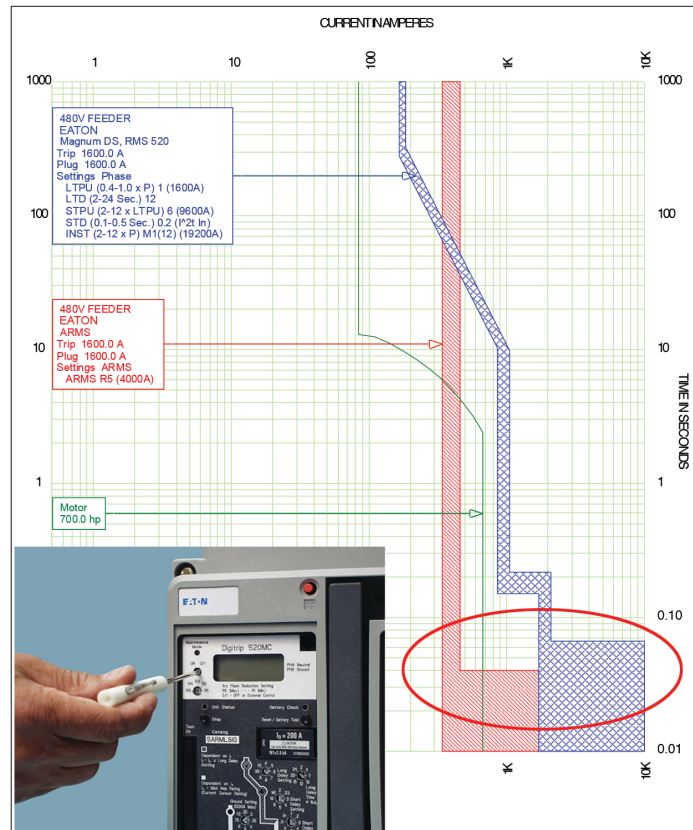
Hausse de la sécurité lors de l'entretien – Système de réduction de la formation d'éclair d'arc durant l'entretien MC: technologie ARMS



Le surlignement en bleu indique les zones de l'installation où la sécurité est améliorée en mode d'entretien

Description de la méthode

Le "Système de réduction de la formation d'éclair d'arc durant l'entretien" (ARMS) de Eaton achemine un signal de coupure par l'entremise d'un raccourci entièrement analogue, contournant ainsi les relais de protection électroniques et raccourcissant le délai d'acheminement du signal d'ouverture de plusieurs dizaines de milli-secondes. Ce système génère le plus rapide temps d'ouverture du disjoncteur, ce qui minimise le niveau d'énergie incidente auquel le travailleur est exposé. Il s'agit donc d'un système de circuits spécialisés et à opération rapide que l'on active lors d'activités d'entretien et dont on peut constater l'activation à l'aide d'un indicateur visuel. La configuration du système à protéger, notamment la sélection du délai optimal qui maximise la réduction de la dangerosité de l'arc et minimise les déclenchements intempestifs, nécessite une analyse



poussée.

Cette technologie est conçue pour améliorer la sécurité du personnel devant travailler sous tension. Ce système parallèle doit uniquement être activé lorsqu'un travailleur est exposé à des risques d'éclairs d'arc électrique. Il peut toutefois être utilisé en combinaison avec d'autres solutions plus traditionnelles de réduction de l'intensité des éclairs d'arc électrique, ce qui peut réduire le niveau d'exposition de ce danger. À elle seule, cette technologie peut réduire l'énergie incidente d'un éclair d'arc électrique de plus de 60%.

Le mode d'entretien à énergie incidente réduite peut réduire la durée des défauts, en fonction du niveau du défaut, encore plus efficacement que la ZSI ou que les relais de protection électronique

standards à ouverture instantanée. Comment est-il possible d'être plus rapide qu'un système "instantané"? Un système électronique incorpore une série de délais d'énergisation des composantes et des délais de traitement du signal: conversion de signal A/D, amorçage du processeur, délai d'exécution du code, etc. Le délai total des méthodes de commutation des protections lors des entretiens varie d'un fabricant à l'autre, certains systèmes étant même plus lents que les protections électroniques instantanées, alors que le Système de réduction de la formation d'éclair d'arc durant l'entretien (ARMS) de Eaton bat toujours les méthodes dites instantanées. Cette réduction du délai de déclenchement réduit le niveau d'énergie incidente auquel est exposé le personnel et l'équipement en aval du ARMS de Eaton.

Pour résumer: le Système de réduction de la formation d'éclair d'arc durant l'entretien (ARMS) constitue une solution simple et fiable de réduire le délai d'ouverture d'un circuit en défaut. Il permet d'entièrement contourner les nombreux délais des systèmes de protection électronique: il est toujours plus rapide que les protections dites "instantanées".

Le Système de réduction de la formation d'éclair d'arc durant l'entretien (ARMS) de Eaton peut être activé par trois moyens:

- Directement sur le panneau du relais de protection, ce qui peut tout de même nécessiter le port d'ÉPI approprié pour activer le système.
- Par un circuit de commutation distant comprenant un témoin indicateur. Si l'opérateur se trouve à l'extérieur du périmètre d'éclats d'arcs, aucun ÉPI n'est requis.
- Par signal distant. Encore ici, si l'opérateur se trouve à l'extérieur du périmètre d'éclats d'arcs, aucun ÉPI n'est requis.
- Tous ces moyens d'activation doivent comporter un indicateur lumineux procurant un signal d'enclenchement positif.

Tous les relais de protection standards restent opérationnels lorsque les circuits analogiques de protection sont activés, mais ils n'auront jamais la chance de se déclencher, à moins d'un imprévu. On peut alors la considérer comme une protection supplémentaire de dernier recours.

Avantages, difficultés et principales considérations

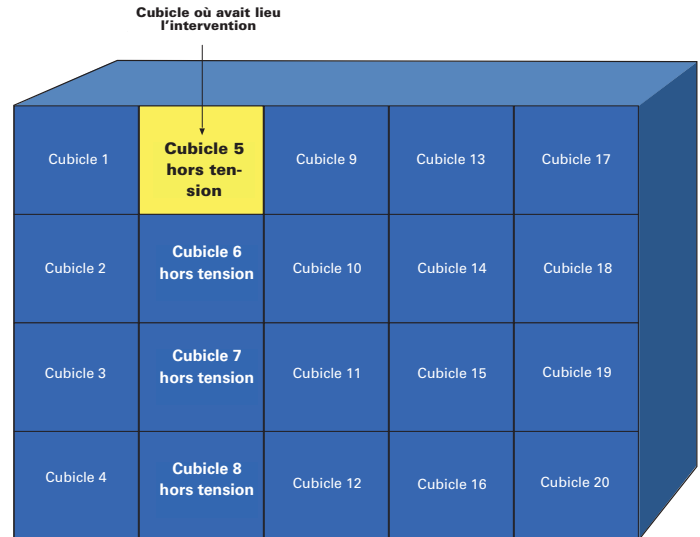
Cette méthode de protection est parfaitement éprouvée sur le terrain et extensivement étudiée depuis plus d'une décennie. Le Système de réduction de la formation d'éclair d'arc durant l'entretien (ARMS) de Eaton a été mis en marché en 2005 et est offert en option sur nos relais de protection installés dans des boîtiers isolés et sur nos disjoncteurs d'alimentation. Il est aussi offert en option sur les relais de protection de nos disjoncteurs sous boîtier moulé de 400 à 2500 A. De plus, le Système de réduction de la formation d'éclair d'arc durant l'entretien (ARMS) de Eaton est offert sur nos disjoncteurs et relais de protection de moyenne tension.

Le principal avantage de cette méthode réside dans la réduction du temps de réponse en présence d'un défaut d'arc, ce qui réduit grandement l'énergie incidente d'un éventuel éclair d'arc électrique. Rappel: ce système est plus rapide que les protections électroniques dites instantanées des disjoncteurs standards.

Au-delà de leur rapidité et de leur sécurité, le mode d'entretien à énergie incidente réduite comporte un autre avantage non négligeable: elle permet d'améliorer la sécurité des travailleurs. Autre rappel important: ce système est fourni avec un témoin lumineux d'un bleu caractéristique qui procure une confirmation positive de l'activation du système. Ce système ne nécessite pas la pose de câblage entre les disjoncteurs existants et elle permet d'aisément protéger un assemblage complexe ou même une zone entière. Ce système est aussi conçu pour être facile à tester et à intégrer aux procédures de

cadencage de sécurité, sans équipement supplémentaire (hormis un interrupteur et un indicateur lumineux à distance, si requis).

De plus, comme le Système de réduction de la formation d'éclair d'arc durant l'entretien (ARMS) réduit le délai de déclenchement en amont des disjoncteurs, il contribue à réduire le risque d'éclair d'arc électrique auquel est exposé le personnel travaillant en aval. Ainsi,



cela pourrait réduire le niveau des ÉPI requis par le personnel et ainsi faciliter leur travail: travail exécuté plus rapidement, réduction de la durée d'exposition au risque, hausse de la dextérité, etc.

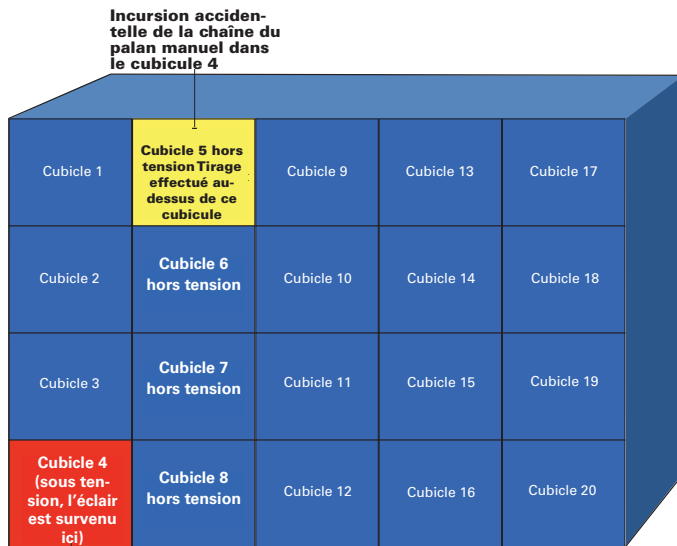


Le principal désavantage de cette technologie de commutation des protections repose, non sans rappeler l'étape de mise hors tension des circuits pouvant être mis hors service, dans la nécessité d'activer le système avant de procéder aux travaux d'entretien sur circuits sous tensions avec justification, ce qui expose le personnel à une source de risque supplémentaire. Toutefois, il est possible d'automatiquement l'activer à l'aide, par exemple, d'un détecteur de mouvement, ou d'un déclencheur à distance, hors du périmètre d'éclats d'arcs. Ainsi, il faut respecter les procédures de cadenassage de la CSA Z460 lors de l'activation / désactivation de l'ARMS.

Exemples: mode d'entretien à énergie incidente réduite

Pour bien comprendre l'effet et les avantages d'une réduction du délai de déclenchement à la suite d'un défaut de courant, voyons un exemple concret.

Il s'agissait d'une importante mise à niveau d'un système de distribution à 480 V. La dernière partie du projet nécessitait le débranchement d'un câble à trois conducteurs sous tension. Le cubicule duquel serait retiré le câble avait été mis hors tension. Le disjoncteur amont du système était équipé du Système de réduction



de la formation d'éclair d'arc durant l'entretien (ARMS) de Eaton.

Ajoutons quelques détails pour mieux comprendre la séquence des événements.

On retrouvait aussi en amont un transformateur de 1 000 kVA pouvant produire un courant de défaut de 21 kA. Sans la technologie de réduction de l'énergie incidente, celle-ci s'élevait à 17,7 cal./cm². Avec la technologie Eaton, celle-ci avait été réduite à seulement 2,9 cal./cm². Ainsi, l'équipe avait opté pour un ÉPI de 8 cal./cm².

Ce projet avait fait l'objet d'une intense planification comprenant notamment un plan de sécurité conforme à NFPA 70E (équivalent américain de Z462). Ce plan comprenait notamment: une analyse des risques de choc électrique et d'éclats d'arc, une procédure de cadenassage, un permis de travail sous tension, la tenue d'une séance d'information immédiatement avant le début des travaux, le retrait du câble du chemin de câble du poste blindé, etc.

Toutefois, la méthode de soulèvement du câble planifiée (corde non conductrice) s'avéra infructueuse. L'équipe décida alors d'utiliser un palan métallique manuel (conducteur...). Il s'agissait bien entendu d'un outil non approuvé. Ce qui devait arriver, arriva: la chaîne du palan fit une incursion dans un des cubicules sous tension, ce qui engendra un éclair d'arc.

Heureusement, grâce au Système de réduction de la formation d'éclair d'arc durant l'entretien (ARMS) de Eaton, cet incident n'entraîna aucune blessure ni perte d'équipement. Les activités de l'usine furent brièvement interrompues, mais les dommages étaient relativement minimes et le système fut rapidement remis en service. Malgré son caractère malencontreux et imprévisible, les blessures et dommages matériels furent réduits à leur strict minimum. Le Système de réduction de la formation d'éclair d'arc durant l'entretien (ARMS)

avait parfaitement joué son rôle dans le disjoncteur amont, en réduisant la valeur de l'énergie incidente.

Déclenchement instantané et contournement instantané

Description de la méthode

Cette méthode nécessite d'abord de calculer les courants d'arc dans l'appareil, afin de s'assurer que cette valeur se retrouve dans la section "instantanée" de la courbe de déclenchement du disjoncteur.

Selon les exigences des options 5 et 6 du NEC 2017, la position de la valeur de courant d'arc sur la courbe de déclenchement permet d'établir s'il est requis d'utiliser une méthode supplémentaire de réduction de l'énergie incidente. Il n'est pas prévu que ce soit la valeur minimale de déclenchement instantané du disjoncteur non modifié qui représente le facteur déterminant de décision concernant l'utilisation d'une méthode supplémentaire de réduction de l'énergie incidente, mais plutôt les caractéristiques du système électrique, comme le courant d'appel au démarrage ou de coordination sélective. Il n'est surtout pas prévu qu'on puisse réduire la valeur de déclenchement instantané du disjoncteur lors d'une intervention sur un équipement.

Avantages, difficultés et principales considérations

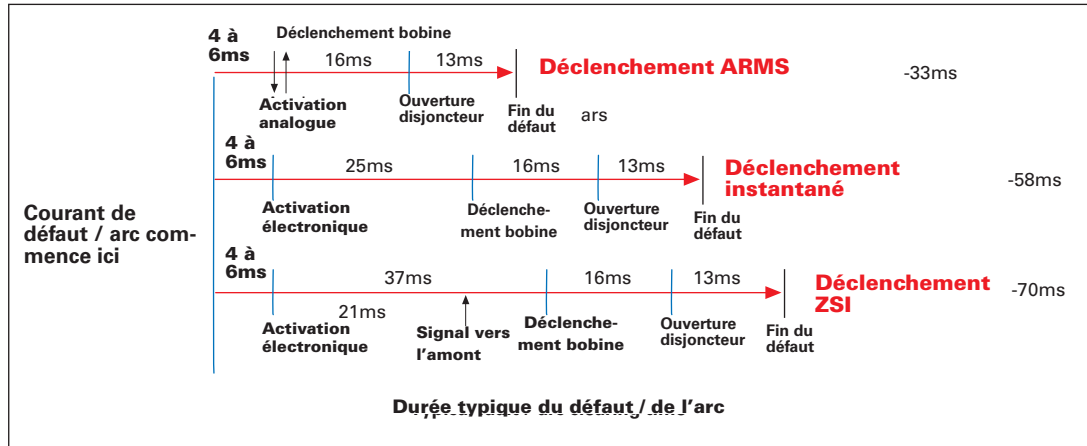
Un objectif demeure constant: réduire l'exposition du personnel aux risques électriques. Cette méthode comporte une série de difficultés et introduit de nouveaux risques, même si elle s'applique à pratiquement tous les modèles de disjoncteurs.

- Elle nécessite que le personnel connaisse le courant d'arc, une notion qui, notablement, est actuellement absente des normes canadiennes.
- La bonne valeur du courant d'arc doit être comparée avec le paramètre "instantané" de la courbe de déclenchement du disjoncteur. Le courant d'arc à considérer doit se limiter au courant qui traverse le disjoncteur. Il ne correspond pas nécessairement au courant de défaut total disponible dans l'équipement, puisqu'il faut aussi considérer la contribution d'équipement connecté, p. ex.: un moteur.
- Si la valeur de déclenchement instantané maximale n'est pas atteinte, il ne faut pas la réduire, puisque cela influera sur la valeur maximale d'énergie que peut supporter le disjoncteur. Malheureusement, la valeur de déclenchement instantané est souvent rehaussée lors que des déclenchements intempestifs surviennent, p. ex.: mise en marche d'un moteur en aval.

Si la valeur de déclenchement instantané d'un disjoncteur est utilisée pour satisfaire aux exigences de l'article 240.87 du NEC, il est recommandé (mais non requis) de sélectionner le courant d'arc minimum et le courant de déclenchement instantané maximal. Il est hautement recommandé que ces calculs d'énergie incidente soient effectués par un spécialiste ou un ingénieur expérimenté dans l'utilisation de la norme IEEE 1584.

De plus, lors de l'utilisation de cette norme, il est essentiel de bien connaître et de suivre toute réglementation applicable, notamment la procédure d'ouverture d'une porte ou d'un panneau d'armoire, les procédures de travail sous tension et la sélection des ÉPI appropriés en fonction du courant d'arc calculé. Voici d'autres importants facteurs à considérer avec cette méthode, même s'ils ne sont pas de nature réglementaire:

- Fournir un indicateur visuel, ou autre, de la modification de la valeur de déclenchement instantané, afin que tous les membres de l'équipe soit parfaitement informés du changement.
- Fournir au personnel d'entretien une procédure détaillée réinitialisation des paramètres d'origine du disjoncteur une fois les travaux terminés, afin de ne pas perturber la coordination originale du système.



Le défaut de respecter ces exigences réglementaires ou non réglementaires peut aisément avoir des conséquences dangereuses, sinon fatales.

Le meilleur des deux mondes: Coordination des protections programmée par zones (ZSI)



+ Système de réduction de la formation d'éclair d'arc durant l'entretien (ARMS)

Les concepteurs de systèmes électriques doivent effectuer des calculs de courts-circuits et de coordination sélective des dispositifs de surintensité, ainsi que des études d'éclairs d'arc électrique afin d'établir le niveau de danger posé par un système électrique. Une fois ces études réalisées, il est possible d'effectuer une analyse de risques et déterminer les moyens de les réduire et de sélectionner l'ÉPI approprié.

La ZSI peut rehausser le niveau de protection d'un système de distribution avec coordination sélective, sans que cela ne compromette cette dernière. Une ZSI bien implantée reste active en permanence et réduit les délais de déclenchement ainsi que l'énergie incidente des éclairs d'arc: cela réduit le stress imposé au système électrique et réduit les risques d'éclairs d'arc auxquels sont exposés les travailleurs.

En matière d'arc, les délais font foi de tout. Plus le délai de déclenchement est court, plus faible sera l'énergie incidente d'un éclair d'arc, ce qui réduit les risques et rehausse la sécurité du personnel. Un dispositif de réduction temporaire de l'énergie incidente par commutation lors de l'entretien procure les ouvertures les plus rapides, mais il nécessite une intervention d'activation avant chaque entretien. La ZSI présente l'avantage d'une activation permanente, mais n'offre pas le même rendement en matière de réduction de l'énergie incidente en cas d'éclair d'arc. Toutefois, la combinaison de ces deux technologies peut rehausser le niveau de protection de pratiquement tout appareillage.

Sécurité rehaussée: protection du personnel et endommagement réduit de l'équipement

Il existe un moyen infaillible d'éliminer les risques liés aux travaux électriques: travailler hors tension. Malheureusement, ce n'est pas toujours possible ni pratique. Il est important de bien connaître les six méthodes de contrôle des risques, qui comprennent toutes des éléments de prévention des risques et de protection du personnel, tel que décrit dans les normes CSA (Z1000 et Z462) au Canada et NFPA 70E aux États-Unis.

Lors de travaux sur de l'appareillage sous tension, l'article 240.87 du NEC exige le recours à au moins l'une des méthodes de réduction de l'énergie incidente. Il n'y a pas encore une telle exigence dans les normes canadiennes, mais elle viendra certainement dans quelques années. Le Système de réduction de la formation d'éclair d'arc durant l'entretien (ARMS) de Eaton réagit plus rapidement que la ZSI, les protections différentielles et même les protections électroniques dites instantanées. Toutefois, ce système requiert une activation avant le début des travaux et une désactivation une fois ceux-ci terminés. La combinaison de cette technologie avec la ZSI

donne accès à tous les avantages de ces deux méthodes: protection permanente de la ZSI et extrême rapidité de déclenchement de l'ARMS. Il n'existe malheureusement pas de solution unique qui saurait répondre à toutes les préoccupations liées au travail sur de l'équipement sous tension. Toutefois, la réduction des délais de déclenchement constitue l'un des plus importants moyens de réduire les risques auxquels sont exposés les travailleurs. Les moyens développés par l'industrie poursuivent leur évolution, alors que les fabricants investissent pour développer des technologies permettant de rehausser le degré de sécurité d'un système dès sa conception.

À propos de Eaton

Eaton propose une vaste sélection d'innovantes et fiables solutions d'éclairage intérieur et extérieur, ainsi que les produits de contrôle associés permettant de maximiser le rendement, l'efficacité énergétique et les coûts d'utilisation. Les solutions d'éclairage de Eaton sont utilisées par nos clients des secteurs commercial, industriel, institutionnel, résidentiel, des services publics et autres.

La division électrique de Eaton est un chef de file mondial dans les domaines de la distribution électrique, de la protection des circuits et des alimentations de secours; du contrôle et de l'automatisation; de l'éclairage et de la sécurité; des solutions de câblage structuré; de solutions pour les environnements difficiles et dangereux et enfin, de services d'ingénierie. Eaton est mieux positionnée que jamais pour relever les défis critiques de gestion d'alimentation électrique à l'échelle mondiale.

Eaton est une entreprise spécialisée dans la gestion de l'énergie ayant enregistré des ventes de 20,9 milliards de dollars en 2015. Eaton offre des solutions d'efficacité énergétique pour les systèmes électriques, hydrauliques et mécaniques, tout en insistant sur la sécurité et le développement durable. Eaton compte environ 95 000 employés et vend ses produits dans plus de 175 pays. Pour plus d'informations, consultez www.eaton.com

Références

- [1] "Fire Protection and Research Foundation report (mars 2015)"
- [2] "Arcflash Reduction Maintenance System," Eaton
- [3] Jim Lagree, présentation PowerPoint
- [4] Chris Walker, "Arc Flash Energy Reduction Techniques Zone Selective Interlocking & Energy-Reducing Maintenance Switching," présenté lors du symposium IEEE IAS Pulp & Paper Industry Technical Conference, en 2011.
- [5] Dave Loucks, John Collins, "What You Need to Know About Arc

Flashes", présentation technique Eaton.

Auteurs

James Lagree a reçu un baccalauréat en sciences (B.S.) du Rochester Institute of Technology et une maîtrise en science (M.S.) spécialisée en génie électrique de la University of Pittsburgh. Il a entrepris sa carrière chez Westinghouse Electric Corporation à titre d'ingénieur de conception au sein des divisions de R&D et des Composantes électriques. Il oeuvre chez Eaton depuis 1994 et occupe présentement le poste d'ingénieur en chef de la division Composantes d'alimentation électrique. M. Lagree est membre de la IEEE depuis 38 ans et il adhère aussi aux organisations suivantes: *IAS, PES, IE et Engineering Management Society*. Il a présidé le chapitre IEEE de Pittsburgh en 2016. Il est inscrit à titre d'inventeur dans 27 brevets.

Michael J. DeFloria est ingénieur principal en applications chez Eaton, dans la grande région de Miami-Fort Lauderdale. M. DeFloria s'est joint à Eaton en 2000 et livre présentement des services de soutien technique en applications et en spécifications, ainsi que pour les technologies et projets Eaton en Floride. Il est aussi certifié en Floride à titre de fournisseur en formation continue à l'intention d'ingénieurs.

Chris M. Finen, PE. occupe un poste d'ingénieur principal en application chez Eaton, à Nashville, TN. Contribuant aux succès de Eaton depuis 1994, il livre présentement des services de soutien technique en applications et en spécifications, ainsi que pour les technologies et projets Eaton en Floride. Il est membre du comité technique *Electrical Systems pour la norme NFPA 99 – Health Care Facilities Code* depuis 2005. Il est aussi membre actif au sein des organismes suivants: IEEE, ASHE, the Music City Power Quality Group et d'autres groupes d'applications industrielles. Chris est un professionnel accrédité LEED et un ingénieur licencié dans l'état du Tennessee. Diplômé en génie électrique de la Vanderbilt University à Nashville, il a à ce jour offert des centaines de présentations techniques portant sur une diversité de sujets, comme la protection des circuits, la coordination sélective, la sécurité des éclairs d'arc électrique, la qualité de l'onde, le contrôle des moteurs et la fiabilité électrique.

Pour plus de renseignements
EatonCanada.ca/PowerDefense
 ou communiquez avec votre bureau local des
 ventes Eaton.

Eaton
 1000 Eaton Boulevard
 Cleveland, OH 44122
 États-Unis
Eaton.com

© 2018 Eaton
 Tous droits réservés
 Imprimé au Canada
 Publication n°. WP012008FR / VCG
 avril 2018

Secteur électrique
 Exploitation canadienne
 5050 Mainway
 Burlington, ON L7L 5Z1
 Canada
EatonCanada.ca

Eaton est une marque de commerce déposée.

Toutes les autres marques de commerce sont la propriété de leur détenteur respectif.

Suivez-nous sur les réseaux sociaux pour de l'information sur les plus récents produits et le soutien technique.

