

Détection d'arc électrique au panneau électrique d'une installation agricole

1 Introduction

Ce document décrit un projet du cours de Design IV dans lequel les étudiants devront développer une méthode et choisir les outils appropriés afin de créer et mesurer des arcs électriques. Ces outils serviront à mesurer l'effet des arcs électriques sur la tension et le courant mesurés au panneau électrique dans certains milieux agricoles.

Les étudiants analyseront ensuite les données recueillies afin de déterminer un algorithme pour détecter les arcs électriques tout en ignorant le bruit.

Enfin, les étudiants devront réaliser un prototype d'appareil électronique permettant de détecter les arcs électriques mesurés précédemment.

2 Contexte

PrevTech est une compagnie mesurant différents signaux au panneau électrique d'installations agricoles dans le but de prévenir des incendies. Lors de problème potentiel, ces appareils signalent une alarme qui est diffusée dans le système.

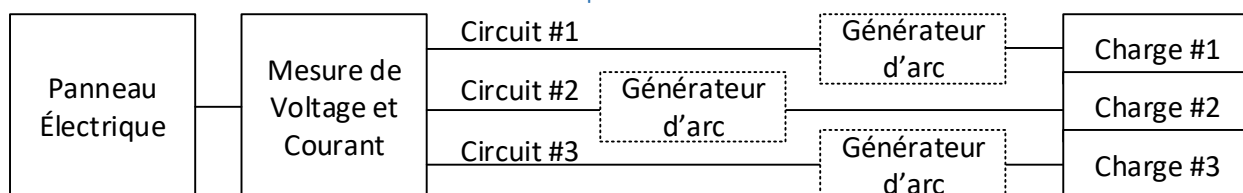
Or, PrevTech voudrait créer une gamme de produits détectant les arcs électriques. Ceux-ci sont responsable d'environ 30% des incendies en milieu agricole. Leur détection permettrait de bonifier le service offert par Prevtech.

3 Description détaillée du projet

Le projet se déroule en plusieurs phases distinctes :

- 1- Développement d'une méthode et choix des outils permettant de générer et de mesurer les effets des arcs électriques
- 2- Mesures de l'effet des arcs électriques rapporté au panneau électrique dans un milieu agricole
- 3- Analyse des données et choix d'une stratégie de détection des arcs électriques
- 4- Conception d'un prototype permettant de détecter des arcs électriques

3.1 Génération et mesure d'arcs électriques



Dans la première partie du projet, les étudiants devront concevoir un appareil permettant de générer des arcs électriques de façon sécuritaire. Les arcs électriques se produisent lors d'une rupture du

contact électrique ou lorsque la distance entre deux conducteurs de potentiels différents devient très petite. L'outil permettant de générer les arcs doit respecter les contraintes suivantes :

- L'outil doit être sécuritaire lorsqu'il est installé sur une alimentation 120VAC/240VAC, 30A.
 - o L'alimentation sera coupée lors de l'installation de l'outil, mais elle sera rétablie lors de la génération des arcs électriques.
 - o Le générateur d'arc ne doit pas avoir de surface métallique accessible lorsque branché
- L'outil générateur d'arc doit pouvoir générer des arcs séries
- L'outil générateur d'arc doit fournir une prise mâle pour se brancher sur le secteur électrique nord-américain (115VAC) et une prise électrique femelle pour y brancher une charge (15A maximum)

Ensuite, les étudiants devront déterminer les outils et la méthode à prendre pour mesurer les effets des arcs électriques. Les arcs électriques ont un impact sur le voltage d'alimentation ainsi que sur le courant circulant dans le circuit. Les étudiants devront :

- Commencer l'acquisition des données lorsque l'arc électrique se produit ou un peu avant.
 - o La méthode de synchronisation est laissée au choix des étudiants. Ça peut être une acquisition en continue, une détection automatique de l'arc ou un signal émis par le générateur d'arc... Toutefois, le générateur d'arc doit pouvoir être installé loin de l'appareil de mesure (exemple : 20 mètres de distance, dans une autre pièce).
- Mesurer le voltage et le courant lorsque l'arc électrique se produit. L'acquisition de ces signaux doit se faire à une vitesse d'au moins 1MegaSamples par seconde, pendant une durée au moins égale à 3 fois la durée de l'arc électrique. La précision des échantillons doit être au moins 12 bits (10 bits effectifs).
- Filtrer le signal du secteur, à 60Hz, pour augmenter la précision des données. Il ne doit rester que l'arc électrique haute-fréquence et les harmoniques du 60Hz.
- Sauvegarder les données recueillies lors d'un arc dans une mémoire non-volatile, sans perdre de précision lors de la sauvegarde. Il doit être possible de transférer les données sur un ordinateur pour analyse ultérieure.

L'outil de mesure L'outil doit être sécuritaire lorsqu'il est installé sur une alimentation allant jusqu'à 240VAC

- o L'alimentation sera coupée lors de l'installation de l'outil, mais elle sera rétablie lors de la mesure des arcs électriques.
- o L'appareil de mesure ne doit pas avoir de surface métallique accessible lorsque branché

3.2 Mesure des arcs électriques

La mesure des arcs électriques se fera d'abord par les étudiants en laboratoire pour démontrer que la méthode et les outils sont fonctionnels. Ensuite, des mesures seront prises en milieu agricole avec le concours de Prevtch et un électricien professionnel pour effectuer les branchements au panneau électrique.

Si possible, les étudiants participeront à la saisie des données (les milieux visités devraient être dans la région de Québec). Sinon, les étudiants doivent prévoir une courte période formation afin de guider les gens qui saisiront les données.

Les mesures doivent se faire :

- Sur au moins quatre sites
- Avec au moins 5 charges/emplacement par site
- Avec plusieurs mesures différentes d'arc série sur une même charge.
 - o Si les charges présentent des caractéristiques qui changent dans le temps (exemple : un moteur qui démarre), différentes mesures devraient être prises pour chaque état de la charge.
- Avec au moins une mesure d'arc parallèle par site.

Les étudiants doivent prévoir un mois entre le début des mesures et la fin des mesures.

3.3 Analyse des données et choix d'une stratégie de détection des arcs électriques

Il existe plusieurs signatures d'arc électriques puisque les effets des arcs électriques varient en fonction de la charge branchée en aval et de la source en amont. Par ailleurs, les effets des arcs électriques se produisant à un endroit donné seront atténués ou filtrés lorsque mesuré au panneau électrique, en fonction des distances et des impédances vues sur le réseau. Enfin, on retrouve beaucoup de bruit sur les réseaux électriques. Ce bruit peut ressembler aux arcs électriques (détection de faux arcs) ou prévenir la détection de vrais arcs (signal noyé dans bruit ou seuil de détection qui doit être trop élevé).

Pour ces raisons, les étudiants devront :

- Regarder et analyser les différentes stratégies de détection d'arc que l'on retrouve sur le marché.
- Regarder et analyser les points communs entre les différents arcs mesurés d'un point de vue tension et courant au panneau électrique
- Regarder et analyser le bruit vu au panneau électrique sur tous les sites analysés et comparer ce bruit avec les mesures lorsque des arcs se produisent.

Après cette analyse, les étudiants devront choisir un algorithme de détection d'arc électrique qui maximise la probabilité de détecter un arc électrique tout en minimisant la fréquence et le nombre de détection de faux-arcs.

Il se peut que les données recueillies montrent qu'il soit impossible de détecter avec certitude un arc électrique dans une condition donnée. Dans ce cas, l'algorithme retenu doit détecter le plus de cas d'arcs possibles et ignorer les arcs qui ne peuvent être détectés à travers le bruit.

L'algorithme retenu devra pouvoir être exécuté par un microprocesseur ARM-Cortex M4 avec une horloge autour de 100MHz (120MHz maximum). Ce microprocesseur sera dans un microcontrôleur ayant 512K de FLASH et 32K de RAM avec quelques périphériques de stockage non-volatile et de mesure au besoin.

Les étudiants devront produire un rapport détaillé de leurs observations et analyses.

3.4 Prototype détectant les arcs électriques

Les étudiants doivent monter un prototype d'appareil pouvant détecter les arcs électriques au panneau électrique d'une installation agricole.

Ce prototype doit avoir toutes les sondes et les interfaces de mesure requises selon l'algorithme choisi, avec la précision requise selon l'algorithme choisi. On doit aussi retrouver des connecteurs à vis pour brancher les différentes sondes du prototype sur le panneau électrique.

L'appareil désiré est un prototype. Il est acceptable d'utiliser un kit d'évaluation de microcontrôleur avec une carte d'extension et alimentation externe. Toutefois, la carte d'extension doit être montée sur un PCB (Printed Circuit Board).

Le prototype doit avoir une interface usager qui affiche, au minimum, le nombre d'arcs électriques détectés depuis la mise sous tension. Il doit également être possible de récupérer cette information par RS485 (protocole Modbus idéalement, mais le choix de l'interface est laissé à la discrétion des étudiants).

Il n'y a pas de contrainte environnementale sur le prototype qui sera utilisé à l'intérieur, à la température de la pièce et dans un milieu sec.

4 Documentation

L'article qui suit illustre bien l'ensemble du projet que PrevTech veut reproduire, mais dans un milieu agricole :

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4851014/>

Les liens suivants fournissent d'autres informations intéressantes sur les arcs électriques. Il s'agit d'un sous-ensemble de la littérature abondante trouvée sur le web :

<https://ieeexplore.ieee.org/document/4318203>

<https://ieeexplore.ieee.org/document/6804340>

<https://www.siemens.com/global/en/home/products/energy/low-voltage/components/sentron-protection-devices/arc-fault-detection-devices.html>

<https://www.electrium.co.uk/news/how-arc-fault-detection-devices-can-benefit-your-next-installation>

<https://www.schneider-electric.com/en/product-range/61532-acti-9-iarc/>

<https://www.hager.co.uk/news-exhibitions-case-studies/18th-edition/arc-fault-detection-devices/89766.htm>