

Determinación del ciclo de vida de fusibles eléctricos

Omar Rosales Rivera^{1*}, Francisco Javier Estrada Orantes²

Resumen

Este proyecto se enfoca en la determinación del efecto de la degradación sobre los fusibles eléctricos para establecer su ciclo de vida. Los fusibles son componentes eléctricos de bajo costo diseñados para proteger otros elementos de un circuito, los cuales son más difíciles o costosos de reemplazar. Esta protección se logra al derretirse el hilo conductor interno del fusible, que tiene menor resistencia al calor que otros conductores, abriendo así el circuito y evitando que una corriente peligrosa alcance a otros componentes del sistema. El calor que provoca el derretimiento es generado por la corriente eléctrica que circula a través del fusible. La corriente que circula en un equipo rara vez es constante, lo que somete al fusible a ciclos de calentamiento y enfriamiento. Con el paso del tiempo, esta variabilidad puede causar una degradación en las propiedades del fusible, modificando su respuesta original (curvas tiempo-corriente). Como consecuencia, el fusible puede actuar en momentos inesperados con corrientes seguras o incrementar su propia resistencia, afectando el valor de la corriente que circula a través de él. El objetivo del proyecto es determinar los factores controlables y no controlables que más contribuyen a este comportamiento y establecer sus niveles y valores. La metodología a utilizar es el Diseño de Experimentos (DOE). Se someterá a pruebas a distintos fusibles bajo diferentes configuraciones de factores, realizando el número de réplicas necesario para lograr una aceptación del 95 % de los resultados. Se espera que la degradación inducida por las pruebas afecte el hilo conductor del fusible, provocando que este reaccione de forma inesperada —ya sea abriéndose prematuramente o incrementando su resistencia— lo cual afectaría al valor de la corriente eléctrica. El resultado ideal es que el incremento de la resistencia sea lo más cercano a cero.

Palabras Clave

Fusibles Eléctricos – Ciclo de Vida – Degradación – Diseño de Experimentos – Curvas de Tiempo-Corriente

^{1,2}Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México.

***Autor de correspondencia:** al232593@alumnos.uacj.mx

Programa académico

Maestría en Ingeniería en Manufactura

Fecha de presentación

22 de mayo de 2024

Financiamiento

SECITHI (CVU 1194151)

Institución responsable del estudio

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Evento académico

7.º Coloquio de Posgrados del IIT

Conflicto de interés

Sin conflicto de interés declarado

Referencias

1. Meng, J. S. X. Z. (1997). Reliability concept for electric fuses. IEE.
2. Bahman, A. S., Jensen, S. M., & Iannuzzo, F. (2018). Failure mechanism analysis of fuses subjected to manufacturing and operational thermal stresses. Microelectronics Reliability, Elsevier.
3. Bahman, A. S., Iannuzzo, F., Holmgaard, T., Nielsen, R. Ø., & Blaabjerg, F. (2017). Reliability-oriented environmental thermal stress analysis of fuses in power electronics. Microelectronics Reliability, Elsevier.

CITACIÓN: Rosales Rivera, O., & Estrada Orantes, F.J. (2025). Determinación del ciclo de vida de fusibles eléctricos [edición especial]. *Memorias Científicas y Tecnológicas*, 4(1), 57-58.

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Instituto de Ingeniería y Tecnología
Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura
Maestría en Manufactura

Determinación del ciclo de vida de fusibles eléctricos

Autor: Omar Rosales Rivera 232593
Director: Francisco Javier Estrada Orantes



Resumen

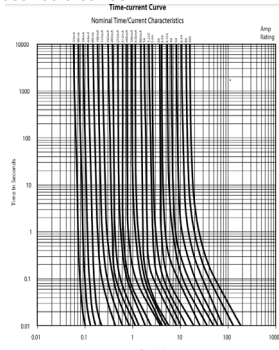
Los fusibles son elementos eléctricos de bajo costo cuyo único propósito es proteger otros elementos que se encuentran en el mismo circuito los cuales en caso de sufrir algún daño resultan más difíciles o costosos de reemplazar. Tal protección es lograda debido al derretimiento del hilo conductor interno con el que cuenta el fusible el cual tiene una resistencia al calor mucho menor que los demás conductores haciendo que el circuito se abra en ese punto logrando así que una corriente peligrosa alcance a otro elemento del sistema. Dicho calor es generado por la corriente eléctrica que circula como parte de pérdidas de energía al transferir esta de un punto al otro, entre más corriente circule mayor será el calor generado. Sin embargo, en la realidad la corriente que circula a través del fusible es variable, lo cual tiene como consecuencia ciclos de enfriamiento y calentamiento en el elemento lo que puede significar una degradación en las propiedades con el paso del tiempo modificando la respuesta original del fusible haciendo que este no sea la adecuada.



Ilustración 1. Fusible abierto

Introducción

Un fusible consiste básicamente en un elemento conductor en su interior, una cobertura y contactos en sus extremos. Tal hilo debe derretirse gracias al calor generado por la corriente debido a la transferencia de energía de punto a otro. Las características del hilo (grosor, longitud y material) son seleccionadas para derretirse al presentarse algún fallo que incremente inesperadamente el valor de corriente y que esta se mantenga presente por un tiempo determinado. Esto genera las curvas de respuesta de los fusibles de tiempo-corriente. Un incremento de corriente puede resultar peligroso para algunos elementos en el circuito, por lo que un fusible instalado antes de tales elementos brinda una protección a estos debido a que el circuito se abre en tal punto impidiendo que la corriente peligrosa los alcance.



Grafica 1. Curvas tiempo-corriente de fusibles

Sin embargo, la corriente en un equipo no es siempre constante debido a factores externos. Una variación de corriente somete al fusible a cambios de temperatura lo que a la larga puede afectar sus propiedades trayendo como consecuencia que las curvas tiempo-corriente no sean confiables, debido a que el fusible puede actuar es momentos inesperados con corrientes seguras, así como incrementar su propia resistencia afectando al valor de la corriente que circula a través de él.

Objetivos

Determinar el efecto sobre los fusibles dada la degradación causada al identificar los factores tanto controlables y no controlables que más contribuyan al comportamiento de este estableciendo niveles para cada factor y sus valores para posteriormente someter a pruebas a tales elementos estableciendo diferentes configuraciones de factores lo que nos permitirá utilizar la metodología del DOE. Así también se debe determinar el número de replicas a realizar y tamaño de muestra necesarias para lograr una aceptación del 95% de los resultados.

Metodología

Utilizar el método DOE, una vez definidos los factores que contribuyen más al desempeño del fusible así como sus niveles con sus respectivos valores se realizaran las pruebas requeridas las cuales serán indicadas por el tamaño de la muestra, con el objetivo de lograr una aceptación del 95% de los resultados, utilizando distintos fusibles eléctricos los cuales serán sometidos a distintas configuraciones de factores para poder determinar el comportamiento y/o afectaciones en el tiempo lo cual puede resultar en una reacción inesperada del fusible o en un incremento de la resistencia en él.

Resultados esperados

Al someter el fusible a una degradación, producto de las pruebas realizadas con distintas configuraciones de factores, se espera una afectación en el hilo conductor del fusible ocasionando que reaccione de forma inesperada ya sea abriéndose en un momento en que no debería de hacerlo o incrementando su propia resistencia de lo cual afectaría al valor de la corriente eléctrica que circula sobre él, por lo que idealmente dicho valor debe ser lo más cercano al cero.

Referencias

- [1] J. S. X.Z. Meng, "Reliability concept for electric fuses", IEE, 1997.
- [2] A.S Bahman, S.M. Jensen, F. Iannuzzo "Failure mechanism analysis of fuses subjected to manufacturing and operational thermal stresses, ELSEVIER, 2018.
- [3] A.S. Bahman, F. Iannuzzo, T. Holmggaard, R.Ø. Nielsen, F. Blaabjerg, "Reliability-oriented environmental thermal stress analysis of fuses in power electronics", ELSEVIER, 2017