

DINÁMICA DE DESCARGAS PARCIALES INVOLUCRADAS EN EL CRECIMIENTO DE ÁRBOLES ELÉCTRICOS

Daniela Contreras
dana.cjulio@gmail.com

Departamento de Matemática
Universidad Técnica Federico Santa María
Valparaíso, Chile

Laboratorio de Modelación II MAT289

Profesor Pablo Aguirre
Profesor externo Roger Schurch



ÁRBOLES ELÉCTRICOS

- Las descargas parciales causan deterioro lento y progresivo.
- Formación de numerosas ramificaciones parecidas a un árbol.
- Conducen a fallas en equipos eléctricos.

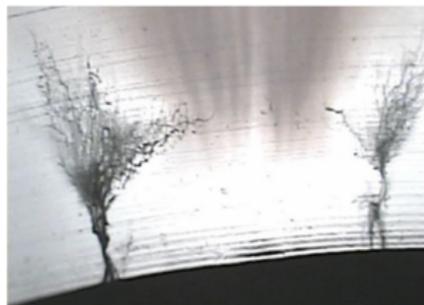


FIGURA: Árbol eléctrico creciendo en un aislante.

[R. Schurch *Partial discharge energy and electrical tree volume degraded in epoxy resin*. 2015]

OBJETIVOS

- Análisis de la dinámica de descargas parciales con Sistemas Dinámicos.
- Reconstrucción del espacio de fase del fenómeno utilizando el método delay coordinate embedding de Takens, calculando los parámetros de interés por medio a métodos computacionales.
- Relación entre el espacio de fase y la estructura o etapa del árbol electrico.

ENFOQUES ACTUALES

- Fenómeno estocástico y fenómeno determinista.
- Método delay coordinate embedding (determinístico)
- Análisis convencional (estocástico): Analisis de descargas parciales Phase-Resolved
- Gráfico de la magnitud de pulsos de descargas parciales en función del ángulo de fase del voltaje aplicado.
- Desventajas: Pérdida de Información de la evolución temporal

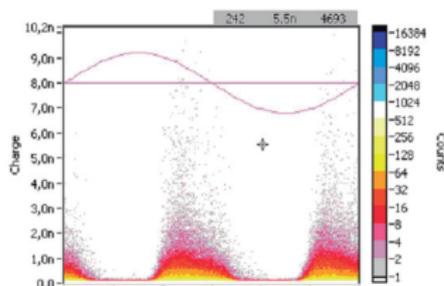


FIGURA: Grafico utilizando el método Phase-Resolved

ENFOQUES ACTUALES

- Caracterización de los árboles eléctricos mediante su dimensión fractal para clasificarlos (d_f): Tipo rama ($1 < d_f < 2$) y tipo bosque ($2 < d_f < 3$).

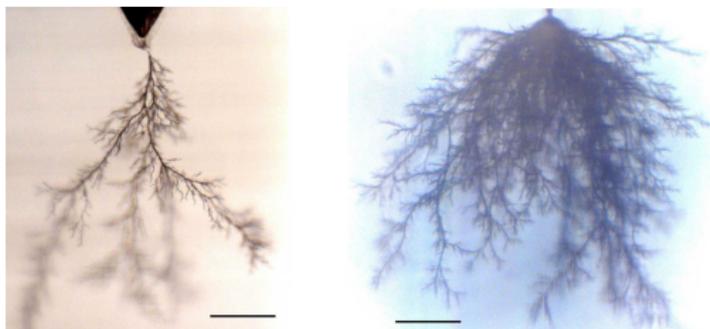


FIGURA: Tipo rama (izquierda) y tipo Bosque (derecha).

ETAPA 1: ANÁLISIS EXPLORATORIO

- Análisis exploratorio de los datos. Se cuenta con series de tiempo de la magnitud de descargas parciales en un aislante para 8kV, 10kV y 12kV.
- Todas las muestras fueron estresadas por 115 min y la cantidad de datos son de 1.002.944 para 8kV, 4.834.096 para 10kV y 9.062.543 para 12kV.

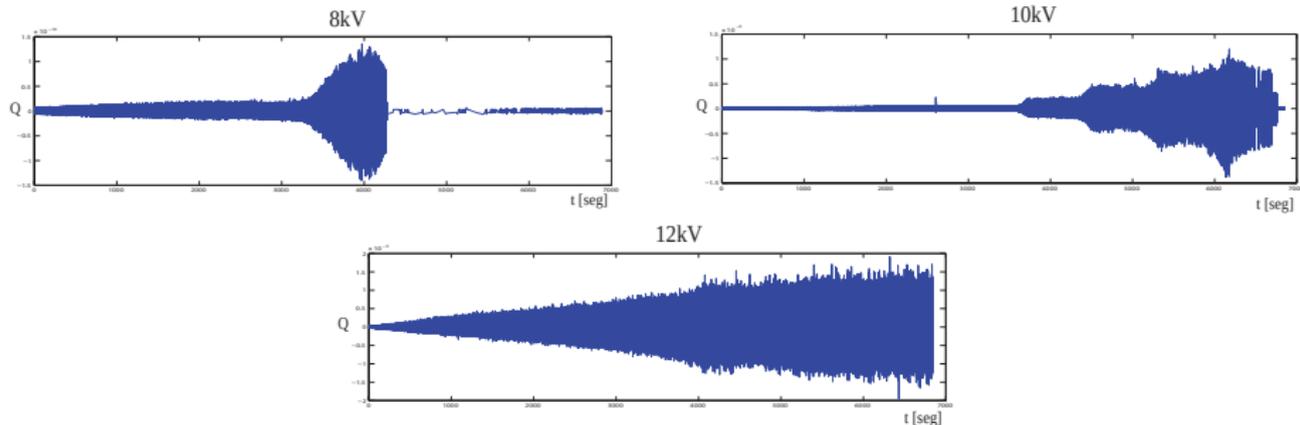


FIGURA: Series de tiempo de la magnitud de descargas parciales (Q) .

ETAPA 2: MÉTODO DELAY COORDINATE EMBEDDING

- El método delay coordinate embedding propuesto por Takens nos permite reconstruir el espacio de fase desde una sola variable observable dada por la serie

$$\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

- Para una dimensión de incrustación m suficientemente grande y un delay de incrustación τ apropiado, los puntos m -dimensionales:

$$p(t) = (x_t, x_{t+\tau}, x_{t+2\tau} \dots, x_{t+(m-1)\tau})$$

producen un espacio de fase equivalente al sistema original.

ETAPA 3: DELAY DE INCRUSTACIÓN τ

- Un delay de incrustación τ apropiado debe ser tal que la información que se tiene al medir $x_{(t+\tau)}$ sea diferente a $x_{(t)}$.
- Para calcular el delay óptimo de incrustación τ , Fraser & Swinney proponen usar el primer mínimo de la información mutua entre x_t y $x_{(t+\tau)}$.
- La información mutua cuantifica la cantidad de información que se tiene del estado $x_{(t+\tau)}$ asumiendo que conocemos el estado x_t

ETAPA 4: DIMENSIÓN DE INCRUSTACIÓN m

- Para calcular la dimensión de incrustación m mínima requerida, se estudia el método del vecino cercano falso (fnn) propuesto por Kennel.
- El fnn son los puntos que son cercanos unos de otros pero bajo cortas iteraciones su distancia crece sobre un umbral.
- Cuando esta función se acerca a cero o es la menor posible nos indica la dimensión apropiada.

ETAPA 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Al obtener el delay y dimensión de incrustación se puede reconstruir el espacio de fase.
- Discutir modificaciones en la consideración de los datos.
- Volver a etapa 2 dependiendo de las modificaciones que se considerarán.

COMPARACIÓN HORAS DE TRABAJO

Horas de trabajo		
Horas proveedor	Horas estimadas	Horas registradas
Reuniones con equipo de trabajo	19	14
Reuniones con asesores	22	10
Reuniones con O'Bryan	-	16
Implementacion de códigos	60	60
Investigación (lectura papers)	95	55
Informes	15	20
Total	211	175

RESULTADOS

- La serie se particiona en 3 etapas diferentes para calcular el espacio de fase a medida que avanzan estas etapas

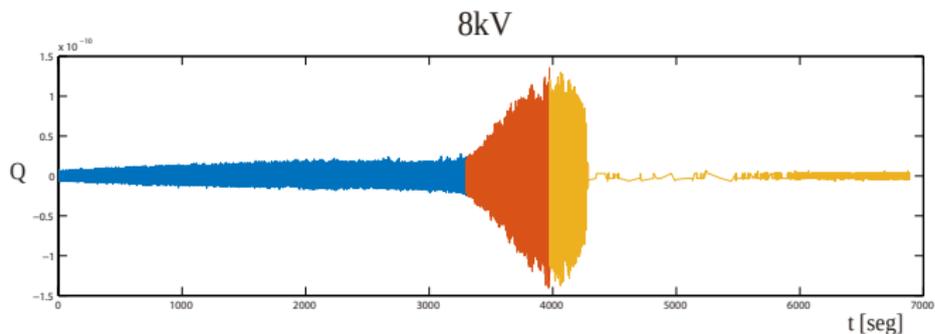


FIGURA: Series de tiempo de la magnitud de descargas parciales (Q) para 8kV.

Delay y Dim de incrustacion 8kV		
Particiones	τ	m
Partición 1	2	7
Partición 1 y 2	4	6
Partición 1, 2 y 3	4	6

RESULTADOS

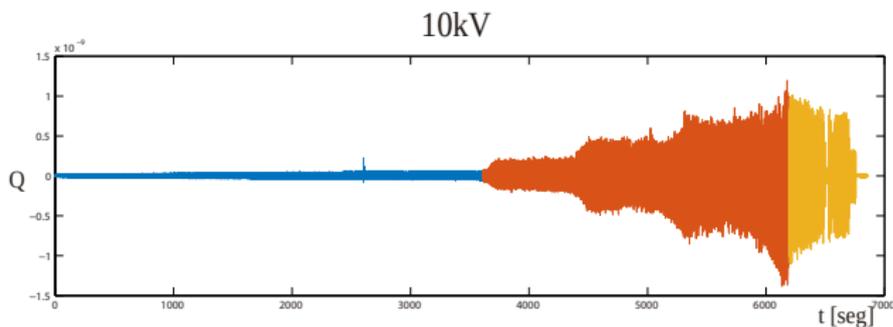


FIGURA: Series de tiempo de la magnitud de descargas parciales (Q) para 10kV.

Delay y Dim de incrustacion 10kV		
Particiones	τ	m
Partición 1	2	7
Partición 1 y 2	10	6
Partición 1, 2 y 3	10	6

RESULTADOS

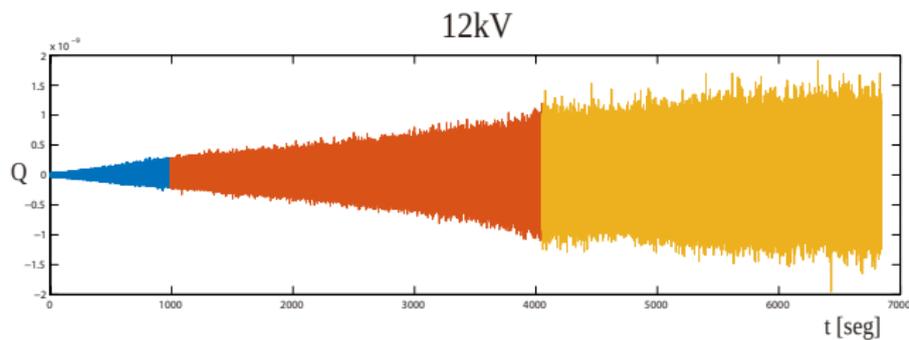


FIGURA: Series de tiempo de la magnitud de descargas parciales (Q) para 12kV.

Delay y Dim de incrustacion 10kV		
Particiones	τ	m
Partición 1	2	7
Partición 1 y 2	5	6
Partición 1, 2 y 3	7	6

RESULTADOS

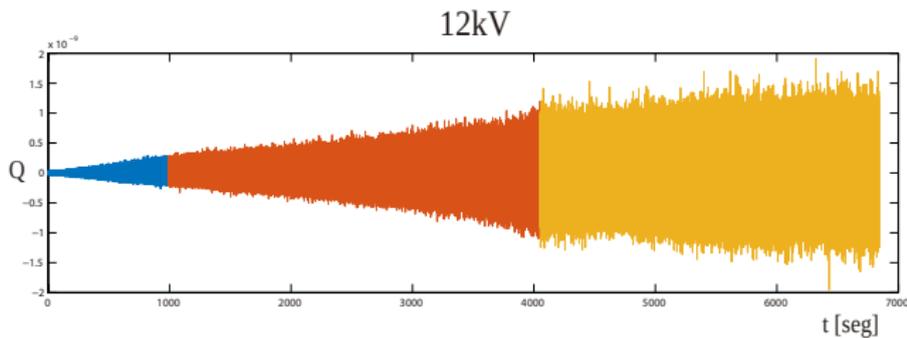


FIGURA: Series de tiempo de la magnitud de descargas parciales (Q) para 12kV.

Delay y Dim de incrustacion 10kV		
Particiones	τ	m
Partición 1	2	7
Partición 1 y 2	5	6
Partición 1, 2 y 3	7	6

RESULTADOS

- Reconstrucción del espacio de fase para las series de tiempo de 8kV, 10kV y 12kV.
- Se considera el delay y dimensión de incrustación de la serie completa.

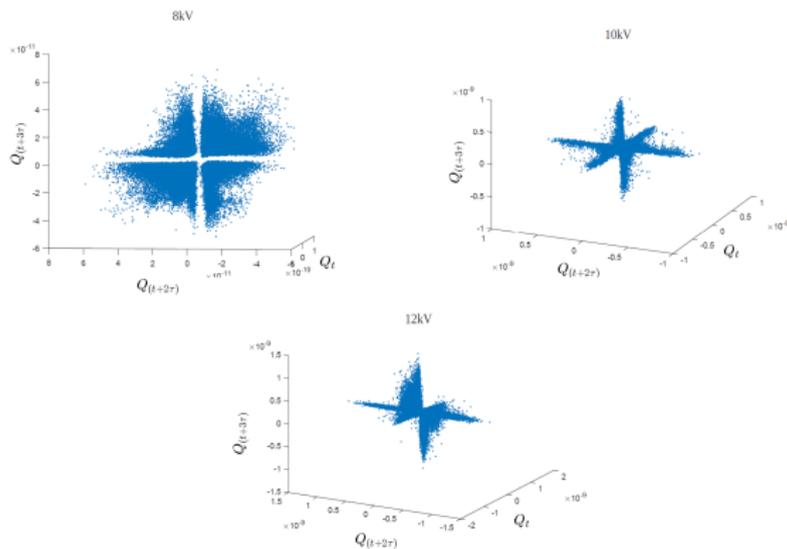


FIGURA: Espacio de fase reconstruido para las series de tiempo de la magnitud de descargas parciales.

RESULTADOS

- Concuerda con el producto que se prometió al inicio.
- Falta analizar otras series de tiempo para otros árboles eléctricos.
- Los cálculos tardan alrededor de 6 horas.
- Nueva motivación y cambio en el objetivo.

CONCLUSIONES

- Se utilizaba el método de delay coordinate embedding pero sin un método para calcular el delay y dimensión de incrustación.
- Con la información calculada se puede proceder a calcular la dimension fractal para encontrar una relación con el crecimiento del árbol.

Trabajo a futuro:

- Mejorar tiempos de cómputo del delay y dimensión de incrustación.
- Realizar el cálculo para otras series de tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Schurch *Study of the Dynamics of Partial Discharges under Different Voltage Frequencies and Waveforms*
- [2] M. Perc *Introducing nonlinear time series analysis in undergraduate courses.* 2004.
- [3] J. Theiler *Estimating fractal dimension.* 1989
- [4] R. Schurch *Partial discharge energy and electrical tree volume degraded in epoxy resin.* 2015