UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
Eléctrica
UTFSM

Tarea 2

Análisis de sistemas eléctricos de potencia 1

ELI-246

Ismael Cabrera
Cristian Recabarren

Introducción

Se desarrollará el procedimiento para el cálculo de parámetros en Sistemas Eléctricos de potencia mediante el uso del método de convergencia Newton-Raphson, se buscará llevar a cabo el procedimiento visto en clases detallando el paso a paso, para luego compararlo a los resultados obtenidos mediante las herramientas proporcionadas por la librería Pandapower, en este último se utilizará el software Visual Studio Code como nuestro editor de código, nuestro de entorno de programación será Python mediante Jupyter Notebook.

Newton Raphson

El método Newton Raphson es un método para encontrar raíces de una función no lineal, se basa en la expansión de la serie de Taylor de la función $f(x)$ en torno a una aproximación inicial xk;

$$f(x) \approx f(x_k) + J(x_k) * (x - x_k)$$

Donde $J(xk)$ corresponde a la matriz Jacobiana de $f(x)$

Reordenando obtenemos

$$x_{k+1} = x_k - J(x_k)^{-1} * \ f(x_k)$$

Esta es la iteración en Newton Raphson, en donde se van evaluando los puntos obtenidos con los anteriores para así realizar nuevamente una iteración.

Aplicación al Análisis de Sistemas de Potencia

Las Ecuaciones de flujo de carga se escriben en términos de las potencias activa (P) y reactiva (Q)

$$P_i = \sum_{j=1}^{n} |Vi|\,|Vj|(G_{ij}\cos\left(\theta_i - \theta_j\right) + B_{ij}\sin\,(\theta_i - \theta_j))$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^{n} |Vi|\,|Vj|(G_{ij}\sin\left(\theta_i - \theta_j\right) - B_{ij}\cos\,(\theta_i - \theta_j))$$

Donde G y B son las partes real e imaginaria de la matriz de admitancia Y

Aplicación a nuestro problema

Definiremos nuestras variables y sistema como

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{x}_k - \mathbf{J}\left(\mathbf{x}_k\right)^{-1}\mathbf{F}\left(\mathbf{x}_k\right)$$

El Jacobiano será

$$\mathbf{J} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \Delta P}{\partial \theta} & \frac{\partial \Delta P}{\partial V} \\ \frac{\partial \Delta Q}{\partial \theta} & \frac{\partial \Delta Q}{\partial V} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix}$$

Como se observa en la matriz jacobiana, cada componente se obtiene derivando parcialmente respecto al ángulo y tensiones de nuestras variables.

Ismael Cabrera
Cristian Recabarren

Desarrollado y de manera simplificada tendremos

$$H_{ij} = \frac{\partial P_i}{\partial \theta_j} = \begin{cases} -V_i V_j \left(G_{ij} \sin\theta_{ij} - B_{ij} \cos\theta_{ij}\right), & \text{si } i \neq j \\ Q_i + B_{ii} V_i^2, & \text{si } i = j \end{cases}$$

$$N_{ij} = \frac{\partial P_i}{\partial V_j} = \begin{cases} -V_i \left(G_{ij} \cos\theta_{ij} + B_{ij} \sin\theta_{ij}\right), & \text{si } i \neq j \\ -P_i / V_i - V_{ii} G_{ii}, & \text{si } i = j \end{cases}$$

$$M_{ij} = \frac{\partial Q_i}{\partial \theta_j} = \begin{cases} V_i V_j \left(G_{ij} \cos\theta_{ij} + B_{ij} \sin\theta_{ij}\right), & \text{si } i \neq j \\ -P_i + G_{ii} V_i^2, & \text{si } i = j \end{cases}$$

$$L_{ij} = \frac{\partial Q_i}{\partial V_j} = \begin{cases} -V_i \left(G_{ij} \sin\theta_{ij} - B_{ij} \cos\theta_{ij}\right), & \text{si } i \neq j \\ -Q_i / V_i + B_{ii} V_i, & \text{si } i = j \end{cases}$$

Como convención se utilizarán valores iniciales

Tensiones iniciales serán $1\angle 0°$

Ángulos iniciales 0°

Estos se almacenan en la variable X_k

Una vez definidas nuestras variables procederemos

con el proceso iterativo actualizando valores

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \vdots \\ \delta_{N_{PQ}} \\ \vdots \\ \delta_{N_{PQ}+N_{PV}} \\ --\,-\,-- \\ V_1 \\ \vdots \\ V_{N_{PQ}} \end{bmatrix}$$

Ismael Cabrera
Cristian Recabarren

Realizando procedimiento

Matriz de admitancia obtenida:

	vm_pu	va_degree	p_mw	q_mvar
0	1.0000	0.0000	-212.3102	5.8073
1	1.0334	-14.2765	0.0000	0.0000
2	1.0315	-14.4923	30.0000	20.0000
3	1.0292	-14.7303	52.5000	35.0000
4	1.0284	-14.8649	22.5000	15.0000
5	1.0324	-14.4698	15.0000	10.0000
6	1.0274	-14.8735	90.0000	60.0000

Valores finales

```
Resultados del método de Newton-Raphson:
Voltajes (en p.u.): [0.3604 0.0144 0.0049 0.0193 0.0095]
Ángulos (en grados): [-20.8908  -0.374   -3.7451  -0.8089  -3.7081]
```

Estos son los valores delta en por unidad, por lo que los resultados finales serian

1.0364 1.0144 1.0049 1.0193 1.0095

Los ángulos se mantienen.

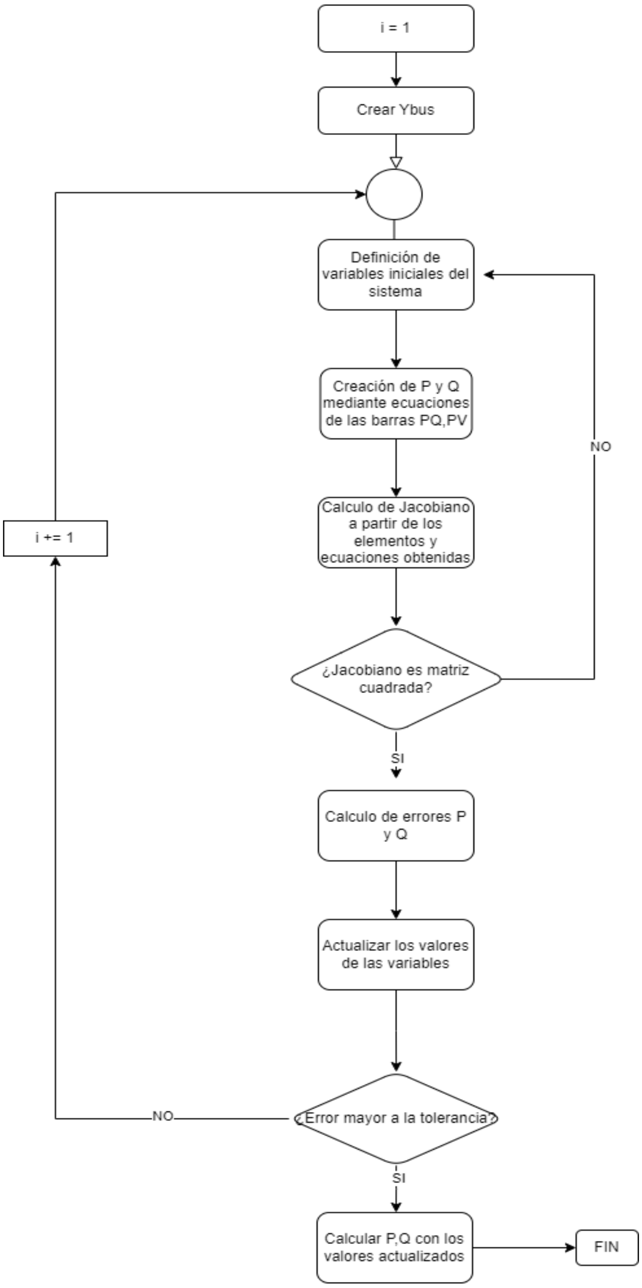
Comparativa

La diferencia de datos puede corresponder a la no convergencia del método por una mala implementación del mismo o por la definición de los límites del problema como numero de iteraciones y tolerancia, los cuales se consideraron como

tol=1e-9, max_iter=100

Ismael Cabrera
Cristian Recabarren

Diagrama de flujo del algoritmo a utilizar



Ismael Cabrera
Cristian Recabarren

Conclusiones

El fin de este proyecto es mejorar nuestro entendimiento de los procedimientos para los cálculos de flujos de potencia, se ha hecho el análisis mediante librerías específicas para el análisis de sistemas de potencia, el método Newton Raphson es una herramienta muy útil y precisa para realizar planificación y análisis de Sistemas de Potencia.

Bibliografía y herramientas a utilizar:

https://www.pandapower.org/
https://code.visualstudio.com/
https://www.python.org/
https://jupyter.org/

Granger, J.J.; Stevenson,.W. D. "Análisis de Sistemas de Potencia"