

ELC-30524
Sistemas de Potencia II

Capítulo 1
Introducción de
Sistemas de Potencia

Prof. Francisco M. González-Longatt

fglongatt@ieee.org

<http://www.giaelec.org/fglongatt/SP2.htm>

1. Introducción

- La planeación, diseño, y operación de un sistema de potencia *requiere estudios de ingeniería para evaluar el sistema actual y el futuro*, en aspectos como eficiencia, confiabilidad, seguridad, y economía.

Planeación + Diseño + Operación = Estudios

- Estudios, que propiamente concebidos y conducidos, son una vía efectiva de costos para *prevenir sorpresas y optimizar la selección de equipos*.

1. Introducción

- En la etapa de diseño, los estudios identifican y advierten potenciales deficiencias en el sistema antes que este entre en operación.

Diseño



- En sistemas existentes, el estudio ayuda a localizar la causa de fallas en equipos y salidas de operación, y determina las medidas correctivas para mantener el desempeño del sistema.

1. Introducción

- La complejidad de los modernos sistemas de potencia, hace a *los estudios difíciles, tediosos, y consumidores de tiempo*, si son realizados manualmente.
- El *uso de computadoras digitales* hace posible estudiar el desempeño de sistemas de potencias actuales y propuestos bajo muy variadas condiciones de operación.
- *Respuestas a múltiples preguntas* sobre el impacto de expansiones en el sistema, capacidad de cortocircuito, estabilidad de distribución de carga, etc. pueden ser inteligentemente y económicamente obtenidas.

1.1. Aplicaciones del Análisis de Sistemas de Potencia

- Los más comunes estudios en sistemas de potencia son:
 - Estudios de Flujo de Carga (*Load Flow Studies*) o su nombre formal Flujo de Potencia
 - Estudios de Cortocircuitos (*Short-circuit studies*)
 - Estudios de Estabilidad (*Stability studies*)
 - Estudios de arranque de motores (*Motor-starting studies*)
 - Estudios de armónicos (*Harmonic analysis studies*)

1.1.1. Flujo de Potencia

- El estudio de flujo de carga, *determina el voltaje, corriente, potencia activa y reactiva además del factor de potencia, en un sistema de potencia.*
- Los estudios de flujo de carga son una excelente herramienta para la planificación del sistema.
- Un número de procedimientos de operación, pueden ser analizados, incluyendo *condiciones de contingencias*, tales como la pérdida de un generador, una línea de transmisión, o una carga.
- Estos estudios alertaran al usuario sobre las *condiciones que pueden causar sobrecarga de los equipos o pobres niveles de voltaje.*

1.1.1. Flujo de Potencia

- Los estudios de flujo de carga pueden ser usados para determinar el tamaño y localización óptima para capacitores de potencia para mejora de factor de potencia.
- Son muy usuales en la determinación de los voltajes del sistema bajo condiciones de repentinas aplicaciones o desconexiones de carga.
- Los resultados de un estudio de flujo de carga son también *punto de partida de estudios de estabilidad*.
- Las *computadoras digitales son usadas ampliamente* en los estudios de flujo de carga debido a la complejidad de los cálculos involucrados.

1.1.2. Cortocircuito

- Son hechos para *determinar la magnitud de la corriente que fluye a través del sistema de potencia a varios intervalos de tiempo que una falla ocurre luego que una falla ocurre.*
- La magnitud de las corrientes que fluyen a través del sistema de potencia luego de una falla varía con el tiempo a menos que alcancen la condición de régimen permanente.

1.1.2. Cortocircuito

- Los sistemas de protección son llamados a *detectar, interrumpir e aislar esa falla*.
- Los esfuerzos impuestos en estos equipos dependen también de la magnitud de la corriente, la cual dependen del tiempo de la inserción de la falla.
- Esto es hecho para varios tipos de falla (trifásica, fase a fase, doble fase a tierra y fase a tierra) a diferentes localizaciones a través del sistema.
- La información es usada para seleccionar fusibles, *breakers*, y *swichgear* en adición con los ajustes de los dispositivos de protección.

1.1.3. Estabilidad

- La *habilidad de un sistema de potencia*, que contiene dos o más máquinas sincrónicas, de *continuar operando luego que un cambio ocurre en el sistema es una medida de su estabilidad*.
- El problema de estabilidad toma dos formas: *estabilidad de régimen permanente y estabilidad transitoria*.

1.1.3. Estabilidad

- La *estabilidad de régimen* permanente puede ser definida como la habilidad del sistema de potencia de mantener sincronismo entre las maquinas dentro del sistema luego de una relativamente *pequeña perturbación (cambio de carga)*.
- La *estabilidad transitoria* es la habilidad del sistema de mantener en sincronismo bajo condiciones transitorias severas, tales como fallas, operaciones de maniobra, etc.

1.1.3. Estabilidad

- Las contingencias, tales como botes de *carga* (*load rejection*), poseen un impacto directo sobre la estabilidad. Los esquemas de aislar (*Load-shedding*) cargas y el tiempo total de despeje de falla (*critical fault-clearing times*) pueden ser determinados en función de seleccionar los apropiados ajustes de los relés de protección.
- Este tipo de estudios son probablemente *el más complejo de los hechos en un sistema de potencia*.

1.1.3. Estabilidad

- Una simulación debe incluir modelos de los generadores sincrónicos y sus controles, por ejemplo: reguladores de voltaje, sistemas de excitación, y gobernadores.
- Los motores son algunas veces representados por sus características dinámicas como son los compensadores estáticos y relés de protección.

1.1.4. Arranque de Motores

- La corriente de arranque de la mayoría de los motores AC son varias veces la corriente normal de plena carga.
- Tanto los motores sincrónicos como los de inducción pueden maneja entre 5 y 10 veces la corriente a plena carga cuando arrancan desde la línea de alimentación.
- El torque de arranque varia directamente con el cuadrado del voltaje aplicado.
- Si el voltaje en terminales cae en forma excesiva, el motor puede no tener suficiente toque como para acelerar y alcanzar la velocidad de operación.
- Los motores funcionando pueden aparecer por un excesiva caída de tensión, o por la operación de los relés de bajo voltaje.

1.1.4. Arranque de Motores

- Si un dispositivo de arranque es necesario, su característica y ajuste puede ser fácilmente determinado.
- Una típica computadora digital puede calcular la velocidad, deslizamiento, toque eléctrico de salida, corriente de carga, y voltaje en terminales en intervalos de tiempo discretos desde la velocidad de rotor bloqueado hasta la de plena carga.

1.1.4. Arranque de Motores

- En adición a estos, si los motores son arrancados frecuentemente, la variación del voltaje puede causar *flicker* apreciables en los sistemas de iluminación.
- Con el uso de las técnicas de estudios en el arranque de motores, estos problemas pueden ser precedidos antes de la instalación del motor.
- Si un dispositivo de arranque es necesario, su característica y ajuste puede ser fácilmente determinado.
- Una típica computadora digital puede calcular la velocidad, deslizamiento, toque eléctrico de salida, corriente de carga, y voltaje en terminales en intervalos de tiempo discretos desde la velocidad de rotor bloqueado hasta la de plena carga.
- También, el voltaje en importantes puntos a través del sistema durante arranque puede ser monitoriado.
- El estudio ayuda a seleccionar el mejor método de arranque, el diseño apropiado del motor, y los requerimientos de diseño del sistema para minimizar el impacto del arranque del motor en el sistema entero.

1.1.5. Armónicos

- Un armónico producido por una carga puede afectar a las otras cargas si una distorsión significativa de voltaje es causada.
- La distorsión de voltaje causada por una carga productora de armónicos es una función, tanto de la impedancia del sistema como del valor del armónico de corriente inyectado.
- El hecho real es que para una corriente de carga dada este distorsionada, no siempre significa que generara efectos adversos a los otros consumidores.

1.1.5. Armónicos

- Si la impedancias del sistema es baja, la distorsión de voltaje es usualmente despreciable en la ausencia de resonancia armónica.
- Si la resonancia armónica prevalece, voltajes y corrientes armónicas son intolerables.
- Algunos de los efectos primarios de la distorsión de voltaje son los siguientes:
 - Interferencia de sistemas de control y comunicaciones.
 - Calentamiento en máquinas rotatorias.
 - Sobrecalentamiento y falla de capacitores

1.1.5. Armónicos

- Cuando las corrientes armónicas son altas y viajan en una parte significativa expuesta a circuito paralelos de comunicación, el efecto principal es la interferencia telefónica.
- Este problema depende de las partes físicas del circuito como también de la frecuencia y magnitud de las corrientes armónicas. Las corrientes armónicas también causan pérdidas adicionales en la línea y adicionales perdidas por histéresis en los transformadores.

1.1.5. Armónicos

- Errores en las mediciones de Energía son frecuentemente causadas por armónicos.
- A una frecuencia armónica, el medidor puede registrar un valor más alto o más bajo dependiendo de los armónicos presentes y de la respuesta del medidor a ese armónico.
- Afortunadamente el error es usualmente bajo.

1.1.5. Armónicos

- Los análisis son comúnmente hechos para predecir los niveles de distorsión en adición de una nueva carga generadora de armónicos o un banco de capacitores.
- El procedimiento es primero desarrollar un modelo que pueda precisamente simular la respuesta armónica de el sistema actual y entonces se agrega el modelo de la nueva adición.
- El análisis también comúnmente hecho evalúa alternativas para corregir los problemas encontrados por mediciones.

1.1.5. Armónicos

- Solo pequeños circuitos pueden ser analizados sin un programa computacional.
- Típicamente, un programa computacional, para el análisis de armónicos, proveerá al ingeniero de la capacidad para calcular la respuesta en frecuencia del sistema de potencia y mostrará su respuesta en forma gráfica.
- Los programas proveen la capacidad de predecir la distorsión real basado de modelos de convertidores, hornos de arco y otras cargas no lineales.

1.1.5. Armónicos

- Los análisis son comúnmente hechos para predecir los niveles de distorsión en adición de una nueva carga generadora de armónicos o un banco de capacitores.
- El procedimiento es primero desarrollar un modelo que pueda precisamente simular la respuesta armónica de el sistema actual y entonces se agrega el modelo de la nueva adición.
- El análisis también comúnmente hecho evalúa alternativas para corregir los problemas encontrados por mediciones.
- Solo pequeños circuitos pueden ser analizados sin un programa computacional.
- Típicamente, un programa computacional, para el análisis de armónicos, proveerá al ingeniero de la capacidad para calcular la respuesta en frecuencia del sistema de potencia y mostrará su respuesta en forma gráfica.
- Los programas proveen la capacidad de predecir la distorsión real basado de modelos de convertidores, hornos de arco y otras cargas no lineales.

1.1.5. Armónicos

- Los análisis son comúnmente hechos para predecir los niveles de distorsión en adición de una nueva carga generadora de armónicos o un banco de capacitores.
- El procedimiento es primero desarrollar un modelo que pueda precisamente simular la respuesta armónica de el sistema actual y entonces se agrega el modelo de la nueva adición.
- El análisis también comúnmente hecho evalúa alternativas para corregir los problemas encontrados por mediciones.
- Solo pequeños circuitos pueden ser analizados sin un programa computacional.
- Típicamente, un programa computacional, para el análisis de armónicos, proveerá al ingeniero de la capacidad para calcular la respuesta en frecuencia del sistema de potencia y mostrará su respuesta en forma gráfica.
- Los programas proveen la capacidad de predecir la distorsión real basado de modelos de convertidores, hornos de arco y otras cargas no lineales.

1.2. Lectura Recomendada

- Texto: IEEE Std 399. *IEEE Industrial and Commercial Power System Analysis*. IEEE Press.
- Chapter 1. *Introduction*
- Chapter 2. *Applications of Power system analysis*.
- Chapter 3. *Analytical procedures*
- Chapter 5. *Computer solutions and systems*.