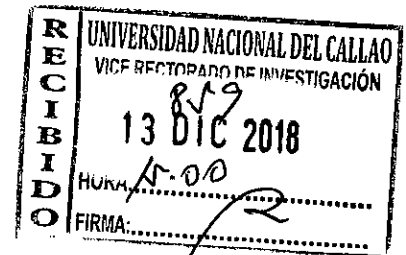


**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA**  
**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ELECTRICA Y ELECTRONICA**



**INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**  
**“FACTORES INFLUYENTES DE CORTO CIRCUITO EN EL**  
**FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS SINCRÓNICAS**  
**Y ASINCRÓNICAS”**

**AUTOR: Hugo Florêncio Llacza Robles**

**(PERIODO DE EJECUCIÓN: Del 01 Juno del 2017 al 31 de Mayo del 2018**

**(Resolución de aprobación N° 616-2017-R)**

Callao, 2018

## I. INDICE

II. RESUMEN.....	3
III. INTRODUCCION.....	5
3.1 Planteamiento del problema.....	5
3.2 Determinación del problema.....	7
3.3 Justificación.....	8
IV. MARCO TEORICO.....	11
4.1 Análisis de corto circuito.....	11
4.2 Fallas Eléctricas en Máquinas Eléctricas Rotatorias.....	14
4.3 Descripción de la Maquinas asincronica (Motor de Inducción).....	15
4.4 Funcionamiento del motor.....	17
4.5 Mantenimiento del Motor de Inducción Jaula de Ardilla.....	20
4.6 Factores influyentes de los cortocircuitos.....	25
4.7 Comportamiento de un circuito serie RL.....	26
4.8 Fuentes de las corrientes de cortocircuito.....	29
4.9 Fctores a considerar en los cortocircuitos.....	30
4.10 Corrientes de cortocircuito:.....	32
4.11 Método de cálculo.....	33
V. MATERIALES Y METODOS.....	36
5.1 Definición de las variables.....	36
5.2 Operacionalización de Variables.....	37
5.3 Hipótesis general e hipótesis específicas.....	37
5.4 Metodología.....	38
5.5 Condiciones de operación.....	41
VI. RESULTADOS.....	44
VII. DISCUSIÓN.....	49
7.1 Conclusiones.....	50
7.2 Recomendaciones.....	51
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
IX. ANEXOS.....	54

## INDICE DE FIGURAS.

Figura 3.01.	Representacion unifilar de un circuito.....	06
Figura 3.02.	Representacion de un corto circuito en un instalacion Industrial.....	06
Figura 4.01	Distintas fuentes a la corriente de corto circuito.....	13
Figura 4.02	Representa un ciclo de la forma de onda de la corriente.....	27
Figura 4.03	Representa de la frecuencia y la forma de onda de la corriente.....	28
Figura 6.01:	Instalacion de máquinas, lugares donde puede producirse el corto circuito.....	47

## X. INDICE DE TABLAS

Tabla 01	Instalaciones con ubicación de los corta circuitos.....	28
----------	---	----

## II.RESUMEN

La electricidad es un bien imprecidible en el funcionamiento de la humanidad tanto en la industria y los hogares y otros usos. La produccion de la electricidad conocida como la energia electrica es producida por las maquinas sincronocas (generadores) y consumida en gran parte por los maquinas asincronicas.(motores) como todo aquello que es fabricado o confeccionado por el hombres no son eternos y por el tiempo de uso sufren deterioros, uno de ellos por lo general es el cortocircuitos que se presentan en sus diferentes partes por deterioro de sus aislamiento debido al tiempo transcurrido y la consecuencia que produce un cortocircuito es impredecible coma la alta temperatura, esfuerzos electrodinámicos entre otros.

Las instalaciones electricas industriales no estan excento de que se ocasione un cortocircuito, intencional o fortuito, para ello es conveniente contar con sistemas que detecten o protejan con antelacion estos accidentes; a partir de la información proporcionada los elementos o componentes de la instalación, existiendo varios sistemas de mantenimiento predictivo, correctivos, preventivos y predictivos, especialmente para máquinas sincrónicas y asincrónicas.

La implementación de técnicas de diagnóstico predictivo, con equipos portátiles adaptados a ambientes industriales; para la detección de cortocircuito en los devanados de las máquinas; permitirá establecer un cronogramas que permita monitorear su funcionamiento

Palabras: claves Maquina sincronicas, Maquina asincronicas, Corto circuito



## **ABSTRACT:**

Electricity is an impracticable good in the functioning of mankind both in industry and in homes and other uses. The production of electricity known as electrical energy is produced by synchronous machines (generators) and consumed largely by asynchronous machines (engines) as everything that is manufactured or conferring by men are not eternal and for the time of use suffer deterioration, one of them is usually short circuits that occur in their different parts due to deterioration of their insulation due to the time elapsed and the consequence that produces a short circuit is unpredictable as the high temperature, electrodynamic efforts among others.

The industrial electrical installations are not exempt from a short circuit, intentional or fortuitous, for this it is convenient to have systems that detect or protect these accidents in advance; from the information provided the elements or components of the installation, existing several systems of predictive, corrective, preventive and predictive maintenance, especially for synchronous and asynchronous machines.

The implementation of predictive diagnostic techniques, with portable equipment adapted to industrial environments; for the detection of short circuit in the windings of the machines; will allow to establish a chronogram that allows to monitor its operation

Words: Synchronous machine keys, Asynchronous machine, Short circuit




### III. INTRODUCCION

#### 3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El desarrollo del presente Trabajo es conocer los factores influyentes en el funcionamiento de las maquinas sincronicas y asincronicas principalmente el corto circuito que se presentan en las diferentes componentes de estas maquinas (Bobinados, terminales conexiones aislamientos, otros); Las posibles fallas de un motor eléctrico pueden ser el bloqueo del rotor y se produzca un cortocircuito (Fortuito o intencional), esto incrementara la corriente del motor a un valor de 4 a 10 veces la corriente nominal, pero en ese caso sería actuar la protección contra cortocircuito. También puede haber un cortocircuito entre los embobinados del estátor, esto se debe a las altas temperaturas que se reflejan en el estátor, por lo tanto, suele derretirse el barniz aislante de los hilos de cobre que conforman el bobinado del estátor y se produce un cortocircuito entre devanados de estátor. También puede perder una fase o un devanado y por lo tanto las otras fases asumirán la corriente de la fase fallada, pero se ve como una sobrecarga, actuando en estos casos el sistema de protección térmica del motor o del arrancador. También existen fallas que involucran al eje cuando se desnivel o pandea, se ve afectado por la vibración, entonces la distancia entre el rotor y el estátor (entrehierro) se ve afectada, el rotor toca al estátor y se deforma el núcleo y se pierde el campo magnético.

El cortocircuito se define como una conexión de relativamente baja resistencia o impedancia, entre dos o más puntos de un circuito que están normalmente a tensiones diferentes; las corrientes de cortocircuitos se caracterizan por un incremento prácticamente instantáneo y varias veces superior a la corriente nominal, en contraste con las de una sobrecarga que se caracteriza por un incremento mantenido en un intervalo de tiempo y algo mayor a la corriente nominal.



Analizaremos un sistema simple compuesto por una fuente, una canalización eléctrica y una carga pasiva, según el diagrama y el modelo equivalente que se representan a continuación:

Fig. 3.01.

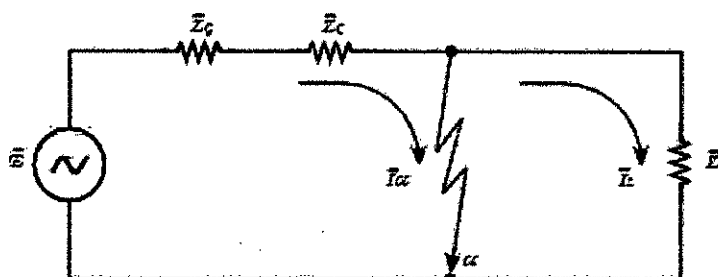
Representación unifilar de un circuito



Fuente: (IIE Universidad de la Republica Uruguay, 2018)

Fig. 3.02.

Representación de un corto circuito en un instalacion



Fuente: (IIE Universidad de la Republica Uruguay, 2018)

### Consecuencias de los cortocircuitos

Considerar algunos de los siguientes efectos:

- Por la presencia de arcos con deterioro de los aislantes, fusión de los conductores, principio de incendio y riesgo para las personas.
- Para circuito e instalaciones industriales:
  - Esfuerzos electrodinámicos, con deformación de los juegos de barras, deslumbramiento de los cables, rotura de aisladores, averías en bobinados de máquinas eléctricas rotativas.
  - Esfuerzo térmicos, con sobrecalentamientos con riesgo de deterioros de los aislantes.

- En instalación, por el efecto, va disminuir la tensión durante el tiempo de eliminación, o puesta fuera de servicio, de la instalación, perturbaciones en los circuitos de control y comunicaciones.

Los cortocircuitos presentan fundamentalmente efectos térmicos y electrodinámicos los efectos térmicos dependen de la energía liberada por efecto Joule; El esfuerzo electrodinámico, entre conductores paralelos y rectilíneos separados a una distancia y recorridos por una corriente, viene determinado por la Ley de Biot y Savart:

### **3.2 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo se puede determinar los factores influyentes en el funcionamiento de las maquinas sincrónicas (generadores) y asincrónicas (motores), cuando se presenta el cortocircuito?

Lo diferentes lugares o componentes de una máquina eléctrica donde se puede producir estas fallas y no permiten un buen funcionamiento.

#### **3.2.1 Formulación del problema.**

##### **PROBLEMA GENERAL**

**¿QUE FACTORES DE CORTO CIRCUITO INFLUYENTES EN EL FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS SINCRÓNICAS Y ASINCRÓNICAS?**

##### **PROBLEMAS ESPECÍFICO**

**P. E.1 ¿Cómo afecta un cortocircuito en el funcionamiento de la máquina asincrónica (motor)?**

**P.E.2 ¿Con afecta un corto circuito en el funcionamiento de la máquina sincrónica (generador)?**



El principal objetivo a desarrollar y validación de un sistema de diagnóstico automático de averías en máquinas rotativas, en las grandes empresas principalmente se usó técnica de termografía infrarroja.

### **3.2.2 Objetivos de la investigación**

#### **OBJETIVO GENERAL**

**Determinar donde estos factores de corto circuito influyentes en el funcionamiento de máquinas eléctricas sincrónicas y asincrónicas no permiten un buen funcionamiento.**

#### **OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

**OB.1 Determinar donde se producen los corto circuitos en las maquinas asincrónicas y sincrónicas.**

**OB.2 Con afecta un corto circuito en el funcionamiento de la máquina sincrónica (generador) asincrónicas (motor)**

### **3.3 JUSTIFICACIÓN**

Un corto circuito durante el funcionamiento de las maquinas ocasionan perdidas de índole económico y tiempo, para el cual se prevé un mantenimiento correctivo periódicamente. Las maquinas eléctricas asincrónicas (motor) y Generador (alternadores) no son eternos por lo tanto se debe considerar una serie de precauciones.

Las corrientes de cortocircuito deben tener conexión a tierra como precaución, y para seleccionar los dispositivos de protección adecuados, contra los contactos eléctricos indirectos, y para diseñar la sección de los conductores.

Tradicionalmente, las máquinas eléctricas rotativas han sido consideradas como elementos de bajo mantenimiento, especialmente las máquinas asincrónicas por la simplicidad al hacerlos funcionar, por consiguientes pueden sufrir deterioros y anomalías del tipo eléctrico, mecánico. Estas fallas de cortocircuito específicamente presentan factores térmicos, eléctricos, mecánicos y a veces suelen estar estrechamente vinculados al entorno dónde se ubica la máquina eléctrica o el ciclo de trabajo que realiza. Desde el punto de vista mecánico, las maquinas eléctricas rotativas pueden estar sometidas a arranques muy frecuentes y variados. Desde el punto de vista eléctrico, pueden estar sometidas a transitorios indeseados en su alimentación, pueden estar expuestas a sobrecargas térmicas o incluso a contaminación ambiental.

Todas las anteriores causas mencionadas y otras, pueden provocar diferentes efectos en las máquinas eléctricas rotativas; cada día resulta más necesario conocer el estado de las máquinas para así poder detectar y diagnosticar las posibles averías que puedan aparecer, incluso cuando todavía se encuentran en un estado incipiente.

### **3.3.1 Limitaciones y Facilidades**

Los motores asincrónicos y los generadores sincrónicos están siendo empleados en los centros de generación y las grandes fábricas industriales donde el ingreso es para personal especializado que cuentan con los métodos más convenientes para prevenir los factores influyentes en el buen funcionamiento de las maquinas rotativas.

- La corriente que aparecen al producir un corto circuito es muy elevada de 5 a 10 veces la corriente nominal de la máquina, el que ocasiona accidentes tanto personal, materiales u otros (incendios).



- La corriente transitoria, están protegidos con sistema adecuado, pero esta máximo protección puede variar sus parámetros debido a la tendencia a un mayor valor de la relación.



## **IV. MARCO TEORICO.**

### **4.1 ANÁLISIS DE CORTO CIRCUITO**

El estudio de corto circuito es fundamental para un buen funcionamiento de los trabajos electricos; Instalaciones en general tanto domiciliarias como industriales, para el caso de los industriales se preve los motores, generadores, transformadores, etc. El que nos proporciona una vision amplia y dentro de ello los equipos de proteccion, considerando el mas adecuado y sensible para estos casos.

La precencia de un corto circuito indica el grado de peligrosidad que representa al sistema y al entorno, para eso debemos seleccionar un sistema adecuado de proteccion para evitar daños irreparables; no importando el costo que acasione los sistemas de proteccion.

#### **a) Qué es el corto circuito en el sistema eléctrico.**

Un corto circuito es un fenómeno eléctrico que ocurre cuando dos puntos entre los cuales existe una diferencia de potencial se ponen en contacto entre sí, caracterizándose por presentarse elevadas corrientes circulantes hasta el punto de ocasionar incendios, altas temperaturas y la interrupción en general. Se puede decir que un corto circuito es un accidente que presentan una serie de alteraciones, debido a este estado del circuito las impedancia, son bajas o cero, la corriente de corto circuito es elevada con referencia la corriente nominal que lo produce la carga nominal. por ello el sistema de protección es indispensable para estos casos.

Al diseñar una instalación eléctrica, debemos estar sujeto a normas y reglamentos ya establecidos, el diseño la operación de los distintos sistemas eléctricos, requiere de un minucioso estudio que servirán para el buen funcionamiento, de confiabilidad y seguridad; teniendo en cuenta ciertos parámetros como es la potencia, estabilidad, etc.



La protección de una instalación eléctrica industrial, precisan el cálculo de las corrientes de cortocircuito en cualquier punto de la instalación; durante la anomalía se presentan parámetros diferentes al normal, esta información es importante considerarlos, para considerar los sistemas de protección adecuados.

La corriente eléctrica de carga en una instalación produce trabajo útil, mientras que la corriente de corto circuito produce efectos destructivos. La magnitud de la corriente que fluye a través de un corto circuito depende principalmente de dos factores:

- La potencia del circuito alimentador, y donde se produce el corto circuito.
- La oposición o resistencia que presente el propio circuito de distribución.

#### **b) Fuentes influyentes en el funcionamiento de máquinas rotativas.**

Las fuentes principales de corrientes de corto circuito están presenta en todo los trabajos eléctricos por una manipulación inadecuada, por el tiempo de uso y por falta de mantenimiento.

Los generadores o alternadores (maquinas sincrónicas) son los que producen la energía y el corto circuito se puede presentar en varios lugares: bobinados, entre fases, en las líneas alimentadoras, otros.

Los motores de inducción (Maquinas asincrónicas), denominados convertidores de energía eléctrica en energía mecánica (consumidores de energía eléctrica), y se pueden producir el corto circuito en varios lugares: bobinados, entre fases, en el rotor barras rotas, otros

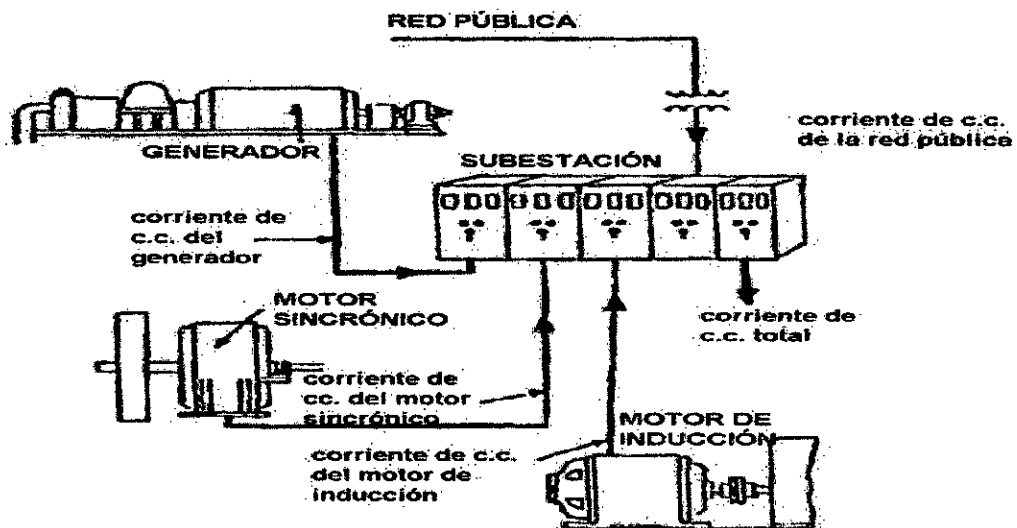
Los condensadores sincrónicos (maquinas sincrónicas) encargados de preservar el ángulo de desfase, de la misma manera en sus partes eléctricas y mecánicas.

Consideramos que estas máquinas rotativas se pueden identificar los lugares donde puede suceda los desperfectos que representan que es problema para el para su funcionamiento, principalmente para el consumidor; cuando se detecta un corto circuito, actuara inmediatamente el sistema de protección previsto en estas máquinas para evitar mayores percances como pueden ser incendios o corte de energía eléctrica de la zona o del sistema que es perjudicial para los consumidores como para los productores.

El corto circuito proveniente de una planta industrial muchas veces no afecta el sistema cuando todo ellos están interconectados para la distribución de energía, no se ven afectados porque el corto circuito corresponde a un sector y el sistema de protección actúa.

Figura 4.1

Fuentes que contribuyen a la corriente de corto circuito



Fuente: Gomez Marcial Daniel 2015

**c) Características del corto circuito:**

Una corriente en régimen normal es una onda senoidal a 60 [Hz] y de amplitud constante, pero cuando sucede un corto circuito, la onda de corriente sigue siendo senoidal con la misma frecuencia, pero va

decreciendo exponencialmente desde un valor inicial máximo hasta su valor en régimen estacionario, ya que el corto circuito es esencialmente de carácter transitorio.

En las máquinas rotativas de corriente alterna (máquinas sincrónicas y máquinas asincrónicas) generalmente la impedancia puede modelarse como una reactancia inductiva debido a la naturaleza inductiva de sus arrollados, por lo que generalmente se consideran tres reactancias asociadas a cada uno de los intervalos:

La asimetría de la corriente de corto circuito surge debido a que la corriente que fluye puede ser en una fase o dos de las tres fases; para el caso de las máquinas sincrónicas participan de dos tensiones, de corriente alterna y corriente directa; los que van a decrecer a medida que pasa el tiempo ya que su energía se disipa en forma de calor por la resistencia del circuito (efecto Joule).

#### **4.2 Fallas Eléctricas en Máquinas Eléctricas Rotatorias**

Los motores de inducción tipo jaula de ardilla, los cuales están contruidos en su parte móvil (rotor) de barras de aluminio o cobre conforme a su potencia eléctrica. Estas están unidas en sus extremos por dos anillos en cortocircuito y al conjunto se le conoce como rotor jaula de ardilla. El núcleo del rotor está conformado por láminas de acero magnético; del mismo su campo inductor (Estator), tienen ranuras donde se alojan los bobinas para inducir campo magnético.

Para el caso de las máquinas asincrónicas las fallas que se presentan están el rotor casi siempre es barras rotas, no se puede visualizar fácilmente existen varios caminos de análisis y uno de ellos es mostrar un modelo con un circuito superpuesto a la corrientes circulantes por la jaula con todas las barras unidas a los anillos, como estas barras son inyectadas en las ranuras

del rotor algunas veces se comprueba con la morsa magnética para sustituir la barra rota.

Cuando las barras que forman el circuito del rotor están dañadas o rotas por las fuerzas electrodinámicas que se producen durante el funcionamiento de la maquina; las fallas en el rotor se deben ser analizada espectral de las corrientes de alimentación, para esto hay que tomar en cuenta los factores de diseño de los devanados de estator que afectan las frecuencias inducidas en las corrientes.

#### 4.3 Descripción de la Maquinas asincronica (Motor de Inducción)

a) **Las máquinas eléctricas rotativas**, son aquellas que permiten la conversión de energía en mecánica o energía mecánica en eléctrica, la combinación de los efectos de campos magnéticos y corrientes eléctricas. Dentro de la familia de las máquinas eléctricas rotativas, se pueden distinguir diversos tipos, son los siguientes:

- Máquinas de inducción o asíncronas.
- Máquinas síncronas.
- Máquinas de corriente continúa.

El motor asíncrono, también llamado motor de inducción, es el tipo de motor más utilizado de todas las máquinas eléctricas rotativas. Esto se debe a sus características constructivas, (económicas y robustas).

Que precisa de un menor mantenimiento de máquinas. Sin embargo, por su gran uso en la industrial, constituye un elemento clave en numerosos procesos, por lo que resulta de especial interés conocer y saber identificar las averías típicas que se pueden presentar en esta máquina, aplicando los procedimientos predictivos que puedan guiar a una reducción de imperfecciones imprevistos.



## b) Constitución del Motor

El motor trifásico de inducción, al igual que el resto de máquinas eléctricas, consta de dos partes diferenciadas, parte fija o estator y la parte giratoria o rotor los que se encuentran separadas por un pequeño espacio libre que recibe el nombre de entrehierro, que permite el libre giro del rotor en el interior de la máquina. Los principales elementos de un motor de corriente alterna de inducción.

❖ **El Estator** parte fundamental de toda máquina asincrónica y sincrónica formado por tres elementos principales: la carcasa con sus respectivas ranuras, el núcleo y el devanado.

✓ **La carcasa** es la estructura que sirve como soporte del motor construido de hierro fundido, acero o aluminio, ya que debe ser resistente a la corrosión; el lleva aletas que permiten un enfriamiento mucho más rápido del motor.

✓ **El núcleo magnético** del estator está compuesto de chapas de acero magnético con tratamiento térmico para reducir al mínimo las pérdidas del hierro.

✓ **El devanado** del estator está compuesto en la mayoría, por tres bobinas con iguales características formando un sistema trifásico desfasado para conectarse a la red de suministro. En máquinas de baja tensión y potencias bajas el devanado está fabricado con hilo de cobre esmaltado y en grandes máquinas suele ser de platina de cobre aislada con aislamientos actualmente del tipo papel-epoxica.

✓ **El Rotor** está formado por otros tres elementos principales: el eje, el núcleo de chapas, y las barras con sus respectivos anillos que representa una jaula o en cortocircuito.

- El eje del motor, es el encargado de transmitir la potencia mecánica desarrollada por el motor, este eje previamente recibe un tratamiento térmico para evitar problemas con deformación y fatiga.

- El núcleo de chapas tiene las mismas características que las del estator; compuesto por barras y anillos cortocircuitados los que se fabrican con aluminio, cobre o bronce y se encuentran fundidos a presión en una pieza única.
- ❖ El motor también dispone de otros **elementos auxiliares**: la caja de bornes, sistema de ventilación y entrehierro:
  - ✓ La caja de bornes aloja los terminales de los devanados estáticos para su conexión a la alimentación.
  - ✓ El sistema de refrigeración consiste en un ventilador acoplado al eje, que refrigerará al motor cuando gire, evacuando el calor al exterior. Es lo que se llama auto ventilación en algunos casos existen motores con ventilación forzada.
  - ✓ El entrehierro es el espacio de aire que separa el estator del rotor debiendo ser lo más reducido posible para minimizar las pérdidas flujos de dispersión y reducir la reluctancia del circuito magnético, conocemos que el aire no conduce con facilidad el flujo magnético que el hierro.

#### 4.4 Funcionamiento del motor

A continuación, se enuncian las Leyes y parámetros fundamentales que rigen el funcionamiento de los motores asíncrono.

- ❖ **Ley de Faraday.** Cuando el flujo magnético concatenado por una espira varía, se genera en ella una fuerza electromotriz conocida como f.e.m. inducida, la variación del flujo en el bobinado, por la espira puede deberse a tres causas diferentes: la variación temporal del campo magnético en el que está inmersa la espira, la variación de la posición relativa de la espira dentro de un campo constante o una combinación de dos causas anteriores, f.e.m. en la espira sólo depende de la variación del flujo abarcado por ella sin importar su origen.

- ❖ **La ley de inducción** electromagnética fue enunciada por Faraday, está determinado por la velocidad de variación del flujo que la genera:

El sentido de la fuerza electromotriz se determina a partir de la **ley de Lenz** que especifica que *“la fuerza electromotriz inducida debe ser tal que tienda a establecer una corriente por el circuito magnético que se oponga a la variación del flujo que la produce”*:

En un motor asíncrono, este fenómeno se manifiesta al energizar el devanado del estator, se conecta a una línea trifásica, se produce un campo magnético giratorio de una magnitud constante que gira en el entrehierro a una velocidad sincrónica (o de sincronismo). Este campo rotatorio induce una fuerza electromotriz (f.e.m) en el devanado o jaula del rotor; la tensión inducida produce también una corriente inducida en ellas, produciendo su vez su propio campo magnético, el que interactúa con el campo magnético principal, experimentándose una fuerza o par electrodinámico que hace girar al rotor, conocido como par de arranque; cuando al motor se aplicado una carga inicial, se requiere que el par de la carga sea menor que el par de arranque.

Para el funcionamiento de un motor de inducción existen magnitudes que sirven como elementos para su funcionamiento y como delimitadores de las condiciones de funcionamiento del motor:

- **Potencia mecánica.** La potencia mecánica es desarrolla por el motor en su eje en un instante dado bajo unas condiciones de carga específicas; dependiendo del par y de la velocidad de giro del eje.
- **Potencia eléctrica.** La potencia eléctrica es la potencia demandada por el motor para su funcionamiento y su valor viene dado por la siguiente expresión:
  - **Par nominal (T).** El par motor es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia, la potencia desarrollada por el par motor es proporcional a la velocidad angular del eje de transmisión.

- **Rendimiento ( $\eta$ )**. El rendimiento es la eficiencia con la que un motor eléctrico aprovecha la energía consumida (potencia eléctrica) para generar potencia útil en el eje (potencia mecánica). El orden de magnitud del rendimiento para los motores eléctricos se encuentra entre 80-90% de HP.
  - **Deslizamiento (S)**. El deslizamiento es la diferencia relativa entre la velocidad del campo magnético (velocidad de sincronismo) y la velocidad del rotor (no debe ser más 10%).
  - **Clase de servicio**. Otro de los factores que influye en el calentamiento del motor, junto a los factores ambientales y el grado de carga, tiempo de servicio, que hace referencia al conjunto de regímenes a los que está sometida la máquina. Las máquinas eléctricas presentan alternancia de ciclos de trabajo con carga, en vacío, sobre cargado, alcanzando diferentes temperaturas en cada caso; otra cuando trabaja fuertes cargas.
- a. **Servicio**: incluyendo los periodos de funcionamiento, que está sometida una máquina, teniendo en cuenta su duración y secuencia en el tiempo; se encuentran normalizadas de la siguiente manera:
- S1: Servicio continuo.
  - S2: Servicio temporal.
  - S3: Tipo de servicio periódico intermitente sin arranque.
  - S4: Servicio periódico intermitente con arranque.
  - S5: Servicio periódico intermitente con arranque y frenado eléctrico.
  - S6: Servicio de funcionamiento continuo con arranque y frenado eléctrico
  - S7: Servicio periódico de funcionamiento continuo con cambios de carga/velocidad relacionados.
  - S8: Servicio con variaciones de carga y velocidad no periódicas.
- b. **Clase de aislamiento**: La función principal del aislamiento en las máquinas eléctricas consiste en separar los componentes que se

encuentran a diferentes potenciales y utilización (conductores entre sí, con respecto a la carcasa, a las chapas magnéticas, los devanados etc.). La capacidad de un aislante para soportar temperatura sin degradarse es una cualidad muy importante, por lo que las normas los clasifican por las temperaturas límites que soportan. Esta temperatura límite define la vida útil de los materiales y compuestos, el periodo de tiempo en el que mantiene sus características físicas y químicas sin degradarse de manera excesiva como para hacer peligrar el sistema de aislamiento de la máquina.

- c. Algunas normas de temperatura para los materiales y sus compuestos más usados en bobinados de motores y generadores eléctricos, los límites de temperatura, en función de la clase térmica son los siguientes:

**Clase E temperatura máxima 120°C**

- ✓ Compuestos de papel y lámina de poliéster.
- ✓ Lamina de poliéster.

**Clase B temperatura máxima 130°C**

- ✓ Lamina de poliéster usado compuestos y barnices clase B.
- ✓ Barnices y resinas polivinílicas. Melaninas

**Clase F temperatura máxima 155°C**

- ✓ Compuestos de papel de poliamida y poliéster.
- ✓ Barnices y resinas epoxica y poliéster modificadas

**Clase H temperatura máxima 180°C**

- ✓ Papel de poliamida
- ✓ Tejidos y fieltros de vidrio. Hilados y cintas.
- ✓ Barnices y resinas de siliconas.

#### **4.5 Mantenimiento del Motor de Inducción Jaula de Ardilla**

**a) Desperfectos en máquinas asincrónicas**

Las máquinas eléctricas asincrónicas son consideran muy robustas y tolerantes a las averías; la posibilidad de que se produzca desperfectos

en el funcionamiento en puntos vitales; en los procesos de fabricación o de la propia industria prevé los inconvenientes que son consideradas como elementos susceptibles para su realizarles diagnosis y detección de fallos.

En las últimas décadas, se han realizado diferentes estudios de las ocurrencias del funcionamiento de máquinas eléctricas rotativas, con la posibilidad de detectar las fallas de funcionamiento de forma inmediata, que permite un margen de tiempo valioso para poder realizar una parada controlada, realizar su reparación o reposición, la cual resume porcentualmente los principales desperfectos que se producen en las máquinas eléctricas rotativas.

**b) Tipo de averías porcentuales**

• Rodamientos	41 %
• Estator	37 %
• Rotor (rotura de barras y anillos)	10 %
• Otros	12 %

**c) Técnicas de mantenimiento en máquinas eléctricas**

Los diferentes planes o estrategias del mantenimiento industrial, así como su evolución en los últimos años han avanzado enormemente mediante los instrumentos electrónicos, centrándonos fundamentalmente en las máquinas eléctricas rotativas.

Se entiende por **mantenimiento** al conjunto de acciones o técnicas que permiten conservar o restablecer un equipo o maquinaria y asegurar un determinado servicio con un costo mínimo; para eso citaremos los tipos de mantenimiento (correctivo, preventivo y predictivo).

- **El mantenimiento correctivo** se basa en la intervención de una avería, manifestada como parada de un equipo o máquina, es decir la interrupción súbita de la producción en la empresa, quedando reducido a la reparación, con muchas desventajas, considerado como una

imprevisión del suministros seguridad, unido al alto costo por las paradas improductivas, teniendo en cuenta la creación de planes de mantenimiento preventivo que a largo plazo resultan mucho más eficaces

- **El mantenimiento preventivo** surgió para remediar los inconvenientes del mantenimiento correctivo, consiste en efectuar las intervenciones en las máquinas y equipos antes de que se produzca los desperfectos, a intervalos previamente determinados, de manera que se prevenga la avería antes de que ocurra, mediante una metodología basada en análisis estadísticos o análisis históricos disponibles (cronología). Las principales actuaciones consisten en la sustitución de componentes y piezas, independientemente del estado, así como otras actuaciones de limpieza y lubricación.

Conocido como Mantenimiento programado o sistemático; favorece en la actualidad tanto a las maquinas como a los empresarios por encontrarse cuidando su inversión, previendo la vida útil y la parada de la producción para poder efectuar las intervenciones.

- **El mantenimiento predictivo** se puede definir como el seguimiento organizado con medición periódica o continua de maquinaria y equipos respectivos y su comparación con unos patrones preestablecidos, para la determinación del instante en que se debe producir la intervención para el mantenimiento, sin necesidad de pararla y se procede a reparar cuando este se encuentra aún en un estado incipiente, justo antes de que se produzca el desperfecto, recurriendo a determinadas técnicas que permiten la realización de mediciones de parámetros, las mediciones efectuadas se comparan con los patrones de funcionamiento correctos, definidos por el fabricante, esta forma de detectar y analizar las variaciones encontradas para emprender las acciones preventivas que sean necesarias. Entre las técnicas más difundidas podemos mencionar: análisis de vibraciones, análisis de lubricantes, Termografía y ensayos no destructivos.

El mantenimiento predictivo es una filosofía que ha sido ampliamente difundida en el sector productivo y en especial ante los equipos en movimiento como las máquinas eléctricas, para las cuales se han desarrollado variadas técnicas de diagnóstico, entre las que destacan análisis de vibraciones, análisis espectral de corrientes, análisis del flujo axial de dispersión y las más recientes, las cuales combinan modelos de simulación del comportamiento del motor ante defectos y aplicación de inteligencia artificial (redes neuronales).

- **Técnica de análisis de corrientes.**

Las magnitudes de alimentación de un motor tienen características de corriente, frecuencia, voltaje, potencia que deben permanecer constantes si las condiciones de uso del motor no cambian.

- **Termografía infrarroja.**

La mayoría de las condiciones que causan averías en los motores se revelan bajo la forma de una temperatura excesiva, un aspecto directamente ligado a la vida y funcionamiento de la máquina, debido a que los límites de temperatura aparecen en ciertas áreas, limitan la capacidad de las máquinas eléctricas, el calor no es un síntoma tan obvio como el bloqueo, el ruido o el disparo del guardamotor. Normalmente, pasa inadvertido, que en la práctica puede llegar a dañar el motor, quemando el aislamiento eléctrico de los devanados, la Termografía nuevo método ha experimentado un gran desarrollo en los últimos años, resulta un método excepcional para detectar fallos en máquinas eléctricas.

**a) El análisis de situaciones anómalas**

Permite proteger y alargar la vida de los componentes eléctricos que forman un sistema eléctrico que resulta imprescindible para dimensionar y seleccionar los sistemas de protección y situación en concreto. Los cortocircuitos en general no son frecuentes y cuando se producen, apenas duran unas décimas de segundo pero sus consecuencias son tan graves e impredecibles que obligan a un constante estudio y mejora de los



dispositivos de protección. La mayor parte de las normas de protección de las instalaciones eléctricas nos indican que no sólo deben considerarse las corrientes y tensiones debidas a las cargas de servicio, sobrecargas. Estas corrientes de cortocircuito presentan valores mayores a los nominales, provocando sobrecargas térmicas y electrodinámicas elevadas.

Las corrientes máximas de cortocircuito y las corrientes mínimas de cortocircuito, permiten dimensionar los dispositivos de protección.

Este comportamiento de los cortocircuitos se hace especialmente peligroso en contactos con las personas, pudiendo ocasionar lesiones de gravedad, deteriorar instrumentos, máquinas y todo aquello conectado; por tanto, es de suma importancia conocer los valores que en un punto determinado del circuito puedan proteger eficazmente a las instalaciones de tan graves consecuencias.

El conocimiento de las sobrecargas máximas debidas a los cortocircuitos es imprescindible para poder dimensionar los aparatos y componentes eléctricos de forma económica y segura.

La corriente de cortocircuito se puede producir en una corriente alterna de frecuencia de servicio, con amplitud variable en el tiempo, y de una corriente continua (aperiódica) superpuesta, que se atenúa hasta hacerse cero. Por ello los objetivos del cálculo de las corrientes de cortocircuito son:

b) Definir la capacidad de ruptura de los interruptores necesarios en las diversas partes de un sistema eléctrico de potencia (SEP), lo que se realiza normalmente un cálculo de cortocircuito trifásico simétrico, debido a que este tipo de desperfecto produce las corrientes de cortocircuito más elevadas en la mayoría de los casos.



c) Ayudar a establecer un sistema adecuado de protección para diversas condiciones de falla, para lo que se debe realizar un cálculo de distribución de corrientes en la red, tanto para cortocircuitos simétricos como asimétricos (usualmente el cortocircuito monofásico)

❖ El Cálculo de Cortocircuitos debe proporcionar los siguientes resultados:

1. La corriente en el punto de avería
2. La potencia de cortocircuito en el punto de desperfecto.
3. La distribución de corrientes en todas las líneas del SEP
4. Las tensiones en todas las barras

❖ Corrientes peligrosas de cortocircuito

A efectos de selección y dimensionado los dispositivos de protección adecuados a cada red, debemos establecer las potencias y las tensiones con los cuales se está trabajando.

❖ Origen de los cortocircuitos

Los cortocircuitos tienen distintos orígenes:

- a) Por deterioro o perforación del aislamiento en los devanados: debido al calentamiento excesivo prolongado de la falla, ambiente corrosivo o envejecimiento natural.
- b) Problemas mecánicos: rotura de conductores o aisladores por objetos extraños o animales, ramas de árboles en líneas aéreas e impactos en cables subterráneos.
- c) Sobretensiones: debido a descargas atmosféricas, maniobras o a defectos.
- d) Factores humanos: falsas maniobras, sustitución inadecuada de materiales, etc.
- e) Otras causas: vandalismos, incendios, inundaciones, etc.

#### **4.6 Factores influyentes de los cortocircuitos**

Los cortocircuitos son variables dependiendo de la naturaleza y duración de los defectos, el punto de la instalación afectado y la magnitud de las corrientes.

- En el punto de defecto: La presencia de arcos con deterioro de los aislantes, fusión de los conductores, principio de incendio y riesgo para las personas.
- Para el circuito o equipo defectuoso: Esfuerzos electrodinámicos, con deformación de los juegos de barras, rotura de aisladores, averías en bobinados de transformadores o máquinas eléctricas rotativas. Esfuerzos térmicos, con sobrecalentamientos con riesgo de deterioros de los aislantes.
- Para el resto de la instalación: Disminución de la tensión durante el tiempo de eliminación del defecto (en BT 10 a 100 ms), puesta fuera de servicio de una parte de la instalación, perturbaciones en los circuitos de control y comunicaciones.

#### 4.7 Comportamiento de un circuito serie RL

Vamos a analizar el comportamiento de un circuito serie RL, alimentado por una fuente de tensión sinusoidal pura:

$$u(t) = \sqrt{2} U \sin(\omega t + \varphi)$$

Aplicando la 2ª Ley de Kirchhoff, la ecuación de equilibrio de tensiones resulta:

$$u(t) = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt}$$

La solución a esta ecuación diferencial, viene dada por la siguiente expresión:

$$i(t) = \sqrt{2} I \sin(\omega t + \varphi - \theta) + K e^{-\frac{R}{L}t}$$

Donde:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}}, \quad \theta = \arctg \frac{L\omega}{R}$$

El valor de la constante K se determina; con la condición inicial de corriente nula:

$$i(0) = \sqrt{2} I \text{sen}(\varphi - \theta) + K = 0 \quad K = -\sqrt{2} I \text{sen}(\varphi - \theta)$$

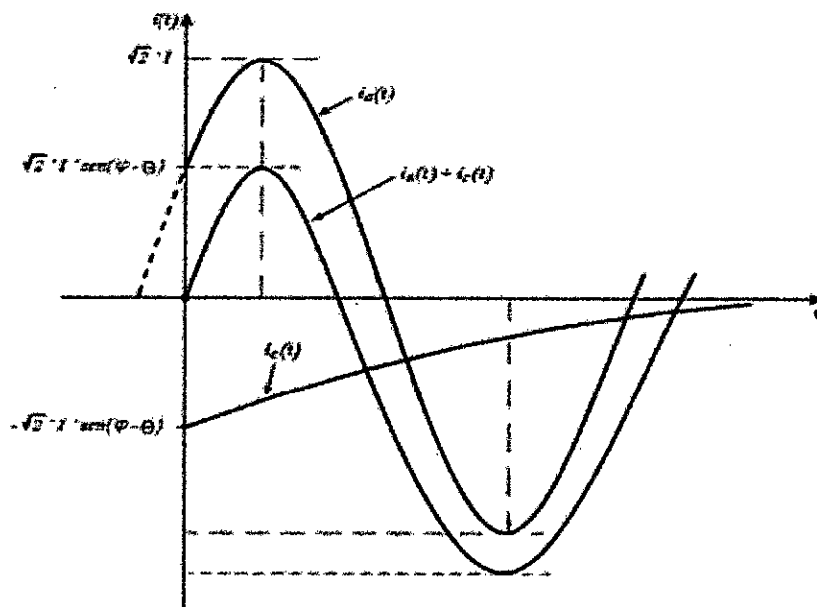
Por lo tanto, la expresión de la evolución de la corriente con el tiempo resulta:

$$i(t) = \sqrt{2} I \left[ \text{sen}(wt + \varphi - \theta) - \text{sen}(\varphi - \theta) e^{-\frac{R}{L}t} \right]$$

La onda de la corriente para estos casos

Fig. 4.02

Representa un ciclo de la forma de onda de la corriente (



Fuente: (Ferro, corrientes\_cortocircuito\_sistemas\_trifasicos, 2018)

Consideremos dos casos particulares, a saber.

- a) **Corriente  $i(t)$  simétrica pura:** Si el circuito se cierra en un punto de la onda de tensión tal que:

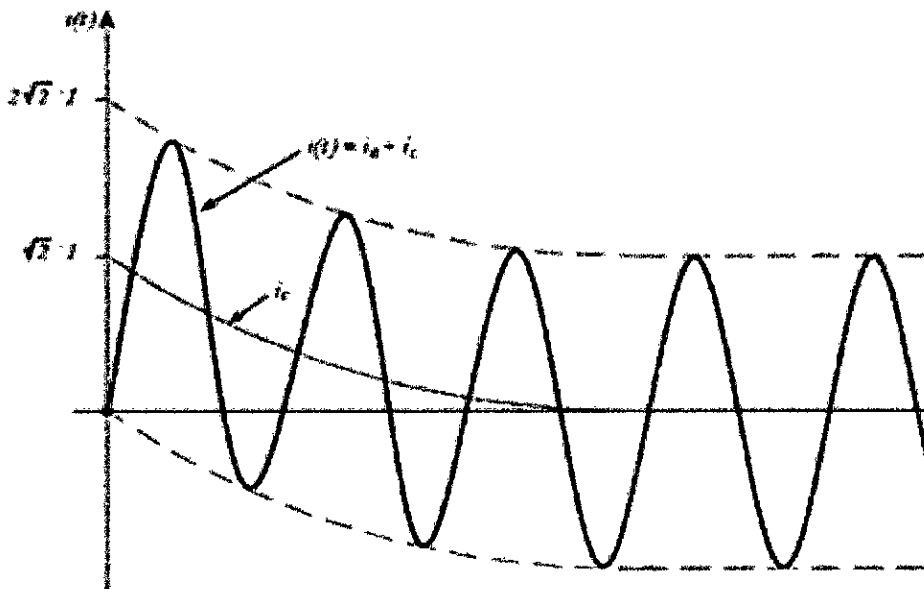
$$\varphi - \theta =, \quad \pi \Rightarrow i_c(0) = 0 \Rightarrow i(t) = i_a(t)$$

- b) **Corriente  $i(t)$  con asimetría máxima:** Si el circuito se cierra en un punto de la onda de tensión tal que:

$$\varphi - \theta = \frac{\pi}{2}, \quad 3\frac{\pi}{2} \Rightarrow i_c(0) = \pm\sqrt{2}I \Rightarrow i(t) = i_c(t) \mp \sqrt{2}I e^{-\left(\frac{R}{L}\right)t}$$

Fig. 4.03

Representa de la frecuencia y la forma de onda de la corriente



Fuente: Ing. Gustavo L. Ferro – Prof. Adj. ELECTROTECNIA

Como se puede observar en la **tabla N 01**, en las instalaciones de baja tensión la componente de continua influye sólo cuando el cortocircuito es próximo al transformador.

Tabla 01

Ubicación de corta circuitos

Ubicación del cortocircuito	$R/X$	$T = L/R$
Media tensión	0.1	0.032
Baja tensión - bornes del transformador	0.2	0.016
Baja tensión - alejado del transformador	1.0	0.003

## 4.8 Fuentes de las corrientes de cortocircuito

Las fuentes que aportan al cortocircuito y se denominan elementos activos son esencialmente las máquinas eléctricas rotativas. Los elementos activos que consideraremos en este módulo son:

- Alimentación de red
- Máquinas eléctricas síncronas (generadores y motores)
- Máquinas eléctricas asíncronas (motores)

### a. Alimentación de red

Una alimentación de red es una red vecina con sus propias centrales de abastecimiento, transformadores, líneas y cargas; para hallar la corriente de cortocircuitos es determinante la potencia de la red vecina en el punto de acoplamiento con la red averiada. Conocida la potencia de cortocircuito se obtiene la reactancia de la alimentación de red.

En la mayoría de los casos las redes vecinas están acopladas mediante transformadores, la corriente de cortocircuito proporcionada por la alimentación de red se atenúa muy poco, la tensión eficaz de alimentación de red puede tomarse como invariable en cuanto a valor, ángulo de fase y frecuencia.

Un sistema de alimentación se dirá que es de potencia infinita, si su tensión permanece prácticamente inalterable al producirse el cortocircuito. Significa que son de poca importancia las caídas de tensión adicionales que las corrientes de cortocircuito originan en el sistema de alimentación.

### b. Máquinas Síncronas

Las fuentes del sistema de distribución de energía eléctrica son esencialmente generadores síncronos, conocidos como alternadores.

Al producirse un cortocircuito en los bornes del estator, el eje de una máquina síncrona continúa girando, por su máquina motriz o debido a la inercia de la carga, y el campo del rotor excitado por la fuente externa de corriente continua, por lo que en ambos casos la máquina se comporta como una fuente aportando al cortocircuito.

A los efectos del cálculo de cortocircuito se modelan las máquinas eléctricas síncronas, como una fuente de tensión ideal en serie con una reactancia interna correspondiente al período.

Estas máquinas productoras de energía eléctrica en la mayoría de las veces funcionan en paralelo con otras de tal forma que cuando se produce el corto circuito por una de las razones expuestas y si cuenta con su sistema de protección puede desconectarse para hacer el mantenimiento del caso, debiendo ser automático.

### **c. Máquinas Asíncronas**

La principal aplicación de este tipo de máquinas eléctricas es como motor en la industria, motores asíncronos, el estator está alimentado por la red de corriente alterna, que genera un campo magnético giratorio a la frecuencia de sincronismo; mientras que el rotor en esta máquina gira a una velocidad menor a la de sincronismo, por no estar alimentado por una fuente externa, sino que es creado por inducción del estator sobre el arrollamiento o jaula del rotor. En el caso de un cortocircuito la tensión de alimentación del campo del estator se interrumpe, desaparece el campo magnético del campo del rotor. Lo que ocurre en este caso sólo se debe al campo magnético residual existente en el rotor y a la inercia de la carga, y la corriente de cortocircuito tenderá a cero rápidamente en un período de 2 a 3 ciclos.

Los motores de media tensión deben ser considerados para el cálculo de la corriente máxima de cortocircuito. Los motores de baja tensión deben ser tomados en cuenta en servicios auxiliares de grupos de generación, en instalaciones industriales y similares, por ejemplo, en redes de industrias químicas y siderúrgicas y estaciones de bombeo otros.

## **4.9 Factores a considerar en los cortocircuitos.**

Durante el funcionamiento de las máquinas eléctricas rotativas cuando se producen el cortocircuito, se modifican sus parámetros y magnitudes,

porque lo considero como un accidente, (tensión, corriente, impedancias, otros), la potencia del circuito y el tiempo de accionar del dispositivo de protección es determinante cuando se produce el cortocircuito.

El cortocircuito, cuando se produce se debe a una serie de factores que están inmersos en el funcionamiento de las máquinas rotativas, sin embargo se hace necesario señalarlos;

- Cortocircuito: Contacto, accidental o intencional, entre dos o más partes conductoras, forzando a diferencias de potencial eléctrico entre estas partes a ser iguales o cercanas a cero.
- Cortocircuito polifásico: Contacto, accidental o intencional, entre dos a más conductores de fase, con o sin conexión a tierra.
- Corriente de cortocircuito: Sobre corriente resultante de un cortocircuito en un sistema eléctrico.
- Corriente presunta de cortocircuito: Corriente que circularía si el cortocircuito fuera reemplazado por una conexión ideal de impedancia despreciable sin ningún cambio en la alimentación.
- Corriente pico de cortocircuito: Posible valor máximo instantáneo de la corriente presunta de cortocircuito. Nota: la magnitud del corriente pico de cortocircuito varía de acuerdo con el momento en que ocurre la falla.
- Corriente permanente de cortocircuito: Valor eficaz de la corriente de cortocircuito que permanece luego de la extinción del fenómeno transitorio (normalmente el estado permanente aparece a partir de los 5 segundos posteriores al cortocircuito)
- Corriente simétrica de rotor bloqueado, Valor eficaz de la máxima corriente simétrica de un motor asíncrono con rotor bloqueado alimentado con la tensión asignada a la frecuencia asignada.
- Cortocircuito alejado del generador: el cual la magnitud de la componente alterna simétrica de la corriente presunta de cortocircuito permanece prácticamente constante.



- Cortocircuito cercano del generador: Cortocircuito en el que al menos una máquina sincrónica contribuye a la corriente presunta simétrica inicial de cortocircuito, y es más que dos veces la corriente asignada de la máquina, o un cortocircuito en el cual los motores asíncrónicos contribuyen en más del 5% de la corriente simétrica inicial de cortocircuito sin motores. (Moreno)

#### 4.10 Corrientes de cortocircuito:

Las corrientes de cortocircuito son elevadas por las bajas inductancias o por tener un valor cero, estas corrientes suministran las corrientes en función del tiempo, en el lugar del accidente, desde la aparición de la falla hasta su extinción, teniendo en cuenta el valor instantáneo de la tensión al inicio del cortocircuito.

La corriente de cortocircuito puede ser cercano o alejado del generador, manteniendo su componente de corriente alterna constante (sinusoides), es cuando los sistemas de protección actúan en el más corto tiempo con el fin de evitar accidentes más destructivos; para tal efecto señalaremos los siguientes casos:

- a) La duración del corto circuito va depender de la gravedad del accidente y del lugar donde se produce, siendo permanente o instantáneo, en la conexión trifásicos, entre fases, entre uno de ellas y tierra, otros.
- b) La duración del cortocircuito, no hay cambio en la red considerada; cuando estos están interconectados.
- c) Las resistencias del arco eléctrico no se tienen en cuenta;
- d) El valor máximo del corriente pico depende de la constante de tiempo de decrecimiento de la componente aperiódica y la frecuencia, es decir de la relación de la impedancia de cortocircuito, si el cortocircuito se establece cuando la tensión pasa por cero.

El cálculo de las corrientes máximas y mínimas de cortocircuito está basado en las capacitancias de línea, admitancias en paralelo y cargas no rotativas, excepto las del sistema homopolar, son despreciables.

## **4.11 Método de cálculo**

### **4.11.1 Fuente de tensión equivalente en el punto de defecto**

El método usado para el cálculo está basado en la introducción de una fuente de tensión equivalente en el punto de defecto. La fuente de tensión equivalente es la única tensión activa del circuito. Todas las redes de alimentación, máquinas sincrónicas y asíncronas se sustituyen por sus impedancias internas. En todos los casos es posible determinar la corriente de cortocircuito en el punto de falla con la ayuda de una fuente de tensión equivalente.

No es indispensable obtener datos de explotación sobre las cargas de los consumidores, la posición de los conmutadores de tomas de los transformadores, excitación de los generadores, etc.; los cálculos adicionales acerca de los diferentes flujos de cargas posibles en el momento del cortocircuito son despreciados.

### **4.11.2 Corrientes máximas de cortocircuito.**

Para el cálculo de las corrientes máximas de cortocircuito, es necesario tener en cuenta las siguientes condiciones:

- El valor de la tensión aplicado, sirve para el cálculo de las corrientes máximas de cortocircuito.
- Elegir la configuración del sistema y la máxima contribución de las centrales eléctricas, lo que conduce al máximo valor de la corriente de cortocircuito en el punto de falla.
- El valor de la resistencia de las líneas (aéreas y cables) debe ser consideradas a una temperatura de 20°.

### **4.11.3 Corrientes mínimas de cortocircuito.**

Para el cálculo de las corrientes mínimas de cortocircuito, es necesario tener en cuenta las siguientes condiciones:



- El factor de tensión debe ser aplicado para el cálculo de las corrientes mínimas de cortocircuito.
- Elegir la configuración del sistema y la mínima contribución de las centrales eléctricas, lo que conduce al mínimo valor de la corriente de cortocircuito en el punto de falla.
- Los motores deben ser despreciados
- La resistencia de las líneas (aéreas y cables) debe ser introducida a una temperatura mayor.

#### 4.11.4 Impedancias directa e inversa en circuitos para cortocircuitos

Los valores que debemos adoptar al realizar los cálculos de las impedancias de los diversos dispositivos eléctricos de una instalación considerando las impedancias en cada caso deben hallarse de forma experimental si se desean calcular con exactitud (la impedancias representan a resistencias, inductancias, capacitancias), de la conexión.

#### Impedancias de cortocircuito de los equipos eléctricos

Al contrario de lo que ocurre con las líneas aéreas y los cables, las impedancias o reactancias de los generadores, transformadores y bobinas de compensación no se expresan en general como valores absolutos en ohmios/fase, sino en forma de valores relativos (por unidad).

Los datos expresados en ohmios/fase corresponden a los valores por fase de las impedancias en estrella o en triángulo adecuadamente transformadas en impedancias en estrella, dándose como la relación entre la tensión nominal y la corriente o la potencia nominales.

$$Z_k = Z_N(pu) \frac{U_N}{\sqrt{3}I_N} = Z_N(pu) \frac{U_N^2}{S_N}$$

Donde:

$Z_k$  = Impedancia absoluta de cortocircuito (en ohm/fase)

$z_N$  = Módulo de la impedancia de cortocircuito referida a la tensión nominal y a la corriente o potencia nominales (en pu)

$U_N$  = Tensión nominal (en kV)

$I_N$  = Corriente nominal (en A)

$S_N$  = Potencia aparente nominal (en MVA)

(Ferro, Corrientes de cortocircuito en sistemas trifasicos de corriente alterna, 2015)

Las impedancias de los generadores y los transformadores de redes deben multiplicarse por los factores de corrección de impedancias para el cálculo de las corrientes de cortocircuito con la fuente de tensión equivalente en el punto de falla,

Los generadores acoplados en paralelo con distinta potencia, pero igual reactancia inicial pueden sustituirse por un generador equivalente, cuya potencia será la suma de las potencias de cada uno de los generadores.

Los motores y los compensadores síncronos (motores síncronos trabajando en vacío) pueden tratarse como generadores síncronos para el cálculo de las corrientes de cortocircuito.



## **V. MATERIALES Y METODOS**

### **5.1 Definición de las variables.**

Relación entre las variables de la Investigación de los **FACTORES INFLUYENTES DE CORTO CIRCUITO EN EL FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS SINCRÓNICAS Y ASINCRÓNICAS** presentan las siguientes variables:

#### **VARIABLE INDEPENDIENTE**

Y: Variable independiente : Funcionamiento de las Máquinas Eléctricas Sincrónicas y Asincrónicas

#### **VARIABLES DEPENDIENTES**

X: Variable independiente : Factores de corto circuito.

Esta investigación se clasifica según su propósito como un estudio aplicado, debido al objetivo principal de los **FACTORES INFLUYENTES DE CORTO CIRCUITO EN EL FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS SINCRÓNICAS Y ASINCRÓNICAS**, a fin de dar respuesta oportuna a la problemática de las maquinas eléctricas sincrónicas y asincrónicas con averías debido a una serie de factores que estará mencionando, teniendo en cuenta que un corto circuito es un accidente que es peligroso para todo los actuantes (Maquinas , equipos , instrumentos, líneas de transmisión, transformadores y las personas que manipulan el accionamiento o funcionamiento, la presente investigación es de tipo Aplicada – Longitudinal (Experimental-Tecnológica), pues se enfocará dar solución, señalando los lugares afectador.



## **5.2 Operacionalización de Variables**

El corto circuito está definido como una accidente que al presentarse ocasiona fenómeno térmico, dinámico; que puede presentarse en las maquinas eléctricas, la variable compleja, abstracta y de significación, se requiere de un proceso de operacionalización con el objetivo de convertirla en un conjunto de especificaciones e indicadores medibles de sus parámetros intervinientes en el servicios y proceso, y comparar con los parámetros de calidad preestablecidos.

En este caso la variable de operacionalización se hace para la variable independiente el generador sincrónico y el motor asincrónico, la variable dependiente se convierte en factor de medible para el cual buscamos el indicador apropiado, mediciones.

X es la variable independiente y corresponde a los FACTORES contribuyentes para el mal funcionamiento.

X1 : Motores (Maquinas asincrónicas).

X2 : Generadores (Maquinas sincrónicas)

## **5.3 Hipótesis general e hipótesis específicas**

### **HIPOTESIS GENERAL**

**COMO LAS MAQUINAS ASINCRÓNICAS (MOTOR), Y SINCRÓNICAS (GENERADOR) SON INFLUENCIADAS POR EL CORTO CIRCUITO DURANTE SU FUNCIONAMIENTO**

### **HIPOTESIS ESPECÍFICO**

H1. Lugares más sensibles donde se pueden producir los corto circuitos de las maquinas eléctricas asincrónicas.

H2: Lugares más sensibles donde se pueden producir los corto circuitos de las maquinas eléctricas sincrónicas

## **5.4 Metodología**

### **5.4.1 Tipo de Investigación**

Para el presente trabajo usaremos dos tipos de investigación:

#### **Investigación Descriptiva**

El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer el funcionamiento de la máquina, así como las características de fabricación y de trabajo. Su meta se limita a la recolección de información así como la predicción relaciones que existen entre las. Los investigadores tabulan, recogen los datos considerando la hipótesis y teoría, para exponer la información de manera cuidadosa, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento.

#### **Investigación Explicativa**

Permitirá explicar los posibles lugares donde se producen estos accidentes, que puede ser dentro o fuera de la máquina, este factor de corto circuito puede ocasionarse fortuitamente durante el funcionamiento, como también se puede realizarse intencional por razón experimental. Y específicamente la utilización generalizada en el campo industrial.

### **5.4.2 Diseño de la Investigación**

#### **a. Diseño transversal**

Habiendo considerado al corto circuito como un accidente de dimensiones peligrosas, el estudio debe ser considerando una dimensión temporal. La experimentación que debe realizarse a los

motores asíncronos seleccionados, con la posibilidad de seleccionar los sistemas de protección adecuados.

La potencia de salida de las máquinas rotativas permite hallar la corriente nominal, que se incrementa fuertemente cuando se produce el accidente del motor (corto circuito). Para el cual las corrientes de los motores están normadas así como la temperatura de funcionamiento.

### **Consideraciones para entender el tema de corto circuito, sabiendo que lo consideramos un accidente.**

Corto circuito circunstancia accidental o intencionado entre dos o más partes conductoras de las máquinas rotativas, que provoca entre estas partes conductoras altas temperaturas con efectos dinámicos, producto de la elevación de la corriente.

#### **Causas.- Propiedades de los aislantes**

- Envejecimiento
- Calentamiento
- Contaminación

#### **Efectos mecánicos.- causados por un corto circuito**

- Calentamiento de los conductores por efecto joule, que en función del valor y duración.
- Esfuerzos electromecánicos, de gran valor de torsión con roturas y desplazamientos de partes mecánicas dando lugar a nuevas faltas.
- Variaciones de tensión, al existir inductancia casi cero en una fase o en todas, presenta una tensión débil o cero.

#### **Objeto del análisis de corto circuito**

- Cálculo de una instalación industrial de media y baja tensión
- Determinar poder de corte de los interruptores





- Límites térmicos de conductores y aparatos
- Límite dinámico de aparatos y conductores.
- Ajuste de protección, de la Mínima corriente de corto circuito.

### **Térmicos**

### **Dinámicos**

### **Fuentes de corto circuito**

- ❖ Existen dos tipos fuentes
    - Maquinas sincrónicas
      - Generadores
      - Motores
    - Maquinas asincrónicas
      - Motores
      - Generadores
  - Los motores son fuentes al transformar su energía cinética de rotación en eléctrica mientras se frenan y hasta que se paren
    - Su importancia es tanto mayor cuanto más grande sea
    - Los motores asincrónicos tienen menor influencia debido a que no tienen fuente independiente que crea el campo magnético giratorio como pasa en los sincrónicos.
    - Modelos a utilizar las maquinas asincrónicas y maquinas sincrónicas estaba definidas su funcionamiento tanto como generador o motor propiamente dicho; hoy ambos tipo de máquinas pueden considerarse como reversibles, dependiendo de la energía que se aplique (Mecánica o eléctrica)
- El análisis de un corto circuito requiere resolver las ecuaciones diferenciales que modelan el sistema cuando este se produzca, Dando por su potencia y se admite como suficiente preciso el modelamiento.

- Los corto circuito son fortuitos por lo tanto la duración de ellos depende del accionamiento del sistema de protección diseñado antes alterar todo el sistema. Si este se producen en un circuito interconectado prácticamente pasa desapercibida. Porque los otros lo sustituyen, en cambio si fuera independiente, trae consecuencia considerable tanto para el sistema consumidor como para productor.

## **5.5 Condiciones de operación.**

### **5.5.1 Condiciones Normales.**

Se entiende por operación normal de un sistema eléctrico, cuando está operando todo los componentes del sistema ya sea en una empresa estará funcionando todos ellos y si fuera en un centro de generación todos los alternadores; a sean en un grupo o individual.

Cuando fallan la máquina, el equipo, las personal o hechos fortuitos, cuando están funcionando en su máxima potencia nominal. Tendremos un accidente de dimensiones considerables siempre y cuando no accione la protección prevista.

Si una maquina asincrónica instalada se hace funcionar con sus parámetros nominales señalados en su placa de características, y se prevé un mantenimiento preventivo tendrá duración y funcionamiento normal.

El generador funciona normalmente, es cuando su funcionamiento requiere que se cumpla o entregue los parámetros nominales especificadas por el fabricante, y si aplicamos un programas de mantenimiento preventivo, redundara en lo económico, ya que los costos de repuestos, mano de obra, etc. son los necesarios, además esto redundo en una prolongada vida de la máquina.

### **5.5.2 Condiciones Anormales.**

Se dice que un sistema funciona en condiciones anormales o en estado de emergencia, cuando no se tiene en cuenta sus parámetros nominales o los

equipos de protección no son los adecuados, también mal uso de la maquina como es el caso se sobrecarga, aspectos físico ambientales, por errores de personal, Cuando después de un tiempo no se a realizado el mantenimiento respectivo y su resistencia de aislamiento esta fuera de sus valores adecuados, etc.

### 5.5.3 Las fallas eléctricas

Las maquinas eléctricas rotativas pueden experimentar fallas cuando ella está funcionando o conectado a la red de alimentación: considerando que la avería en la parte interna así como en la externa, siendo los más problemáticos los internos porque esos no se pueden observar hasta que sean despiezados

**a. Fallas Internas.** - Se presentan en una máquina rotativa provocadas por la perforación de sus aislantes o de la carcasa de la máquina. En el primer caso se establece unión de conductores, los mismos que en servicio anormal están sometidos a potenciales eléctricos diferentes. Por esta razón se ubica un dispositivo de protección cuya función es detectar Inmediatamente la aparición de la falla sin retardo alguno, Interrumpir el aporte de energía hacia el lugar de la falla.

Los defectos de aislación de las máquinas rotativas, pueden clasificarse de acuerdo a un reducido número de formas características que necesitan de la correspondiente protección. Considerando el estator, provoca la circulación de fuertes corrientes de cortocircuito, las mismas que son de elevada magnitud y su efecto es muy peligroso para la buena conservación de la máquina, apenas se detecta será necesario sacar la máquina de servicio; en el caso del rotor, como son jaulas de ardilla o rotor en corto circuito debido a la fuerza electrodinámica en el caso de motores se rompen las barras

Para el caso de fabricación de los generadores, establecen que éstos, resistirán los esfuerzos térmicos y mecánicos que se producen al ocurrir un

cortocircuito de una fase a tierra en sus bornes, siempre que el valor de la corriente de cortocircuito de una fase a tierra, se limite al valor del cortocircuito trifásico, mediante el empleo de reactores o resistores entre neutro y tierra. En consecuencia, es fundamental el sistema de conexión a tierra del generador.

**.b. Fallas externas.-** la fabricación de máquinas asincrónicas y sincrónicas, establecen normas de construcción con respecto a la parte metálica, que comprende carcasa, paquete de chapas para el estator y rotores, ejes, rodajes, caja de bornes, base, etc. Los que deben resistirán los esfuerzos térmicos y mecánicos que se producen cuando funcionan a plena carga, al ocurrir un cortocircuito aparecen grandes corrientes, que producen grandes temperaturas que afectan las zonas de refrigeración..



## **VI. RESULTADOS**

**6.1 Las posibles fallas de una maquinas sincrónica o asincrónica** pueden ser cuando se paraliza el rotor por de un cortocircuito, barras abiertas o rotor trabado, esto incrementara la corriente de trabajo del motor entre 4 a 6 veces la corriente nominal, actuando inmediatamente la protección contra cortocircuito. También puede haber un cortocircuito entre los embobinados del estátor, esto se debe a las altas temperaturas que se reflejan en el estator derritiendo el barniz aislante de los hilos o conductores de cobre que conforman el estator; produce un cortocircuito entre devanados de estátor. Siendo en una fase o para las tres fase de la máquina, asumiéndose la corriente incrementado, y si hay una sobrecarga actúa la protección. las fallas del eje cuando se desnivel o pandea, afectando el giro produciendo la vibración trayendo como consecuencia el aumento del entrehierro donde se pierde el campo magnético, menor rendimiento

### **6.2 Daños en los Bobinados**

Motores Trifásicos maquina asincrónica, considerando para ello su placa de características (tensión, frecuencia, número de polos, grado de protección, entre otros) requisito básico para que el tiempo de vida útil del máquina eléctrica, para garantizar su correcta operatividad, es importante que la instalación, el mantenimiento y el funcionamiento sean los adecuados. En el caso de que ocurra un daño en un bobinado de un motor eléctrico, la primera medida a tomar es identificar la causa (o posibles causas) del problema mediante el análisis del bobinado afectado. Es fundamental que la causa que originó el problema sea identificada y eliminada, para evitar la repetición o nuevos problemas.

**Las causas donde se presenta el corto circuito**



**Corto entre espiras o Bobina.** a) Contaminación interna del motor; b) deterioro del esmalte de aislamiento, c) Oscilaciones en la tensión de alimentación

**Corto entre fases.**- las máquinas rotativas pueden ser de una fase, y para nuestro caso tienen tres fases a) Degradación del material aislante por resecado, ocasionada por exceso de temperatura, el sobrecalentamiento por conexiones del falso contacto.

**Corto en la salida de la ranura o corto dentro de la ranura.**- como se muestra el problema está dentro de la máquina siendo problema para detecta, se produce por la manipulación cuando se rebobina o demasiada tensión a la hora de colocarlos en sus ranuras.

**Pico de tensión.**- La tensión de alimentación es la nominal pero esta varia con ciertos accesorios empleados que sirven para variar la velocidad, tensiones atmosféricas, banco de condensadores entre otros; deterioro de las conexiones o contactos, interruptores, contactores, disyuntores, etc. Llamados también desequilibrio de tensión

**Rotor bloqueado.**- consideramos cuando el rotor no gira por varios factores a saber: rotor está trabado, oscilaciones de la tensión o débiles (elevada caída de tensión; inercia y/o par de la carga muy elevado);

**Sobrecalentamiento.**- producido por corto circuito, conductores de alimentación muy largos o de sección inferior a la necesaria malas conexiones en el cable alimentador, exceso de carga a la máquina y por ultimo deficiente ventilación.

Los motores eléctricos de inducción, se usan en más del 90% de aplicaciones en la industria, y en algunas de ellas es vital garantizar su correcto funcionamiento, que requieren confiabilidad y operación segura,

los cortocircuitos suelen ser inesperadas que se traducen en pérdidas de producción, el mantenimiento debe ser programa con el fin de detectar problemas antes de paralizar la producción que algunas veces resulta catastrófico. Siendo necesario los mantenimiento programados muchas veces no considerando los costos; algunas veces y con bastante frecuencia el problema son los rodamiento y cojinetes.

Si no consideramos el mantenimiento para detecta las fallas en las maquinas eléctricas a tiempo va permitir un colapso de ella; considerar la implementación de una estrategia de diagnóstico de fallas para optimizar la vida útil de las máquinas, servirá para incrementando así su disponibilidad y la productividad de la industria. La determinación de problemas en motores debe ser confiable y segura, por esto un análisis de motores eléctricos debe contener resultados en las siguientes zonas de falla: circuito de potencia, aislamiento, estator, rotor, entrehierro y calidad de energía. Las fallas estatóricas constituyen el 37% de las fallas en motores eléctricos, siendo la más común el cortocircuito entre espiras, la cual reduce la habilidad de producir un campo magnético balanceado, el desgaste de sus rodajes el aumento de vibración de la máquina, de igual forma la degradación del aislamiento.

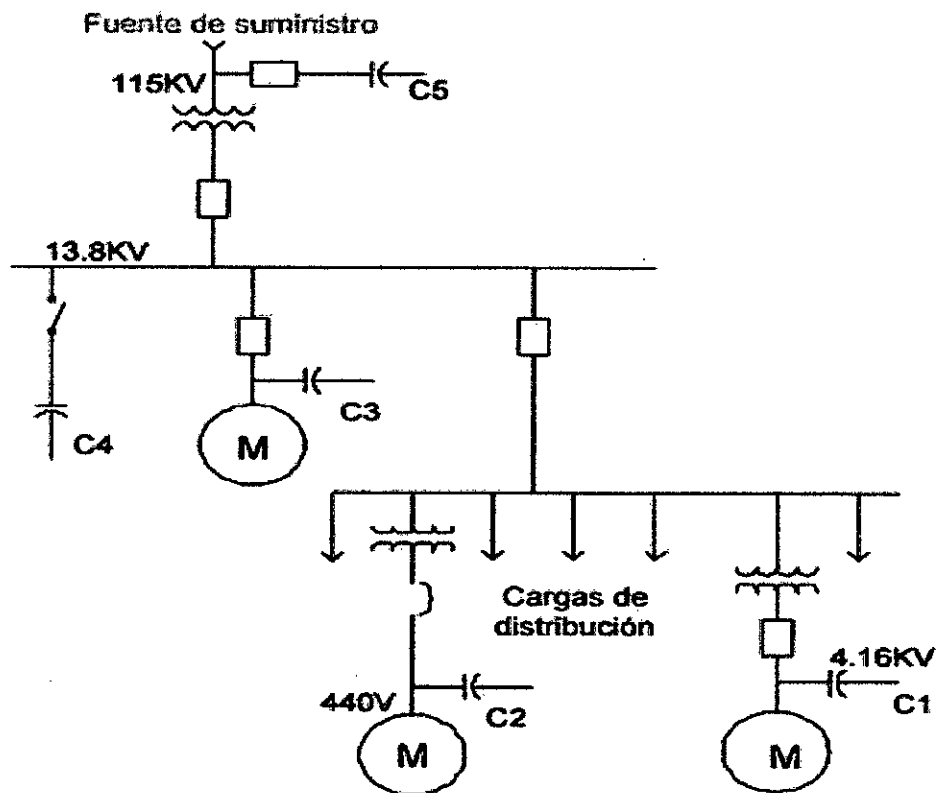
El mantenimiento predictivo es una filosofía que ha sido ampliamente difundida en el sector productivo en especial en equipos en movimiento como las máquinas eléctricas, para las cuales se han desarrollado variadas técnicas de diagnóstico, entre las que destacan análisis de vibraciones, análisis espectral de corrientes, análisis del flujo axial de dispersión, las cuales combinan modelos de simulación del comportamiento del motor ante fallas y aplicación de inteligencia artificial (redes neuronales).



La componente variable de la resistencia del rotor, determinada por las barras es la que permite determinar la potencia mecánica del motor, dando lugar al deslizamiento del rotor, en comparación del estator, este valor es sensible a los cambios de deslizamiento, el mismo que no debe ser mayor a un porcentaje proporcionado por el fabricante e indicado en la placa de características; por su principio de funcionamiento el rotor de una maquina asincrónica es arrastrado por el campo inductor del estator

Fig. 6.1:

Instalacion de máquinas, lugares donde puede producirse el crto circuito



Fuente: (Castelli, 2007)

Para garantizar el buen funcionamiento de un sistema industrial, puede señalarse o tener en consideracion lugares donde se producen los corto circuito (fuente generadora, subetacion, líneas de trnsmision y distribucion y lugares de consumo), motor o generador. Para el cual existen dispositivos de proteccion adecuado que inpiden el accidente.



**Cortocircuito** fenómeno eléctrico ocasionado por la unión accidental o intencional de dos puntos de diferencia de potencial de un circuito, caracterizado por la elevada corriente circulante, con efectos destructivos por la temperatura.

**Corriente de corto circuito.**- corriente resultante de un corto circuito en un sistema eléctrico, corresponde a un valor elevado

**Protección Eléctrica.**- Encargado de salvaguardar la integridad de los equipos y personas.

**Posible causa y efectos del corto circuito**

- Provocar un incendio o representar un peligro para las personas.
- Deformación de las barras
- Rotura o desprendimiento de los cables.
- Sobrecalentamiento debido al aumento de pérdidas por efecto Joule, con riesgo de deterioro de los aislantes.
- Para los otros circuitos eléctricos de la red afectada o de redes próximas
- Variación de tensión durante el tiempo de la eliminación del defecto, con tiempo de duración entre algunos milisegundos a varias decenas de milisegundos



## VII. DISCUSIÓN

- ❖ Es importante considerar que la productividad de una industria aumentará en la medida que las máquinas funcionen bien, por tal razón resulta indispensable contar con estrategias de mantenimiento más apropiada; con personal capacitado con técnicas de análisis y diagnóstico de fallas; como también con conocimiento suficiente sobre las características de diseño y funcionamiento de las máquinas.
- ❖ La impedancia de secuencia inversa de las máquinas rotativas en buen estado es prácticamente constante en un amplio rango de funcionamiento, cuando se comienza a poner de manifiesto alguna deficiencia en el estado del aislamiento (como un cortocircuito entre espiras) la máquina rotativa deja de presentar un valor constante de impedancia de secuencia inversa, lo permite que estas impedancias tiene un parámetro válido para la indicación de fallos incipientes en el aislamiento del devanado estático de los motores de inducción.
- ❖ A pesar de que cada falla presenta frecuencias laterales que las distingue, se pueden presentar frecuencias armónicas que no necesariamente sean indicio de falla, estas son originadas también por los armónicos espaciales debidos a la distribución de los devanados de la máquina.
- ❖ El incremento de las vibraciones en las máquinas indica que algo anormal está sucediendo y por tal razón en las industrias implementan dentro de su plan de mantenimiento predictivo, el análisis de vibraciones con el fin de controlar y monitorear las máquinas rotatorias para poder realizar una buena programación de las tareas de mantenimiento sin detener el funcionamiento de la planta de producción y sin poner en riesgo la vida útil de las máquinas.



## 7.1 Conclusiones

Como resultado general del análisis de factores de corto circuito que afectan el buen funcionamiento de generador, motores, red, etc.; se debe contemplar la utilización de elementos de protección, y que actúen inmediatamente.

1. La máquina o máquinas instaladas sirve para conversión de energía mecánica en eléctrica o viceversa, indispensable para el funcionamiento de la humanidad, el grado de confiabilidad de la unidad; será dependiente del sistema de protección, cuando ocurra y corto circuito o cualquier desperfecto.
2. Los sistema de puesta a tierra en todas las instalaciones de equipos maquinas u otros es determinante para su buen funcionamiento, seleccionado el equipo de protección más adecuado para cada uno de los casos.
3. Conforme avanza la tecnología, hay elementos mis sofisticados para la protección de los generadores, debiendo proyectar la protección de un generador analizando los elementos más apropiados, cuidando la responsabilidad de acuerdo con la época.
4. La paralización de un motor eléctrico puede deberse a varios factores como: barras del rotor, corto circuitos en su devanados, sobrecarga durante su funcionamiento, ello produce el incremento de la corriente de trabajo en 4 a 6 veces la corriente nominal, el mismo que trae consigo altas temperaturas que se percibe en el estator, otro puede ser las fallas en el eje cuando se desnivel o pandea, el giro se ve afectado por la vibración, distancia entre el rotor y el estator (entrehierro) se ve afectada, perdiendo el campo magnético



## 7.2 Recomendaciones

- ❖ En la placa de características de la máquina rotativa están los parámetros (tensión, frecuencia, número de polos, grado de protección, entre otros), que garantizar su correcta operatividad, para ofertar el mantenimiento funcional y adecuado.
- ❖ En el caso de que ocurra un daño en el bobinado de un motor eléctrico, debe inmediatamente identificar la causa del problema mediante el análisis específico en los laboratorios de mantenimiento.
- ❖ Los dispositivos de protección es para cuidar el funcionamiento de las máquinas rotativas, como para detectar corrientes de cortocircuitos; e inmediatamente interrumpir el circuito (fusibles, interruptores termo magnéticos, relés electrónicos, contactores etc.), recomendar un sistema de protección adecuado.
- ❖ El área donde los motores eléctricos están operando debe tener un sistema de refrigeración apropiado, cuando estos fallan es conveniente paralizar su funcionamiento, eso es muy importantes evitar que el devanado de un motor sufra daños por sobrecalentamiento.
- ❖ Un generador síncrono es un dispositivo que convierte potencia mecánica de un motor primo en potencia eléctrica de corriente Alterna con un voltaje y frecuencias específicos. El termino síncrono se refiere a la igual de velocidad entre el estator con el rotor para mantener los parámetros respectivos (Potencia, Voltaje, Frecuencia, Etc.).
- ❖ La protección del 100% de los devanados del estator del generador es fundamental para garantizar la confiabilidad de las centrales eléctricas. Los métodos de protección del devanado del estator requieren adicionalmente la protección convencional, para garantizar que mediante la yuxtaposición de las protecciones se proteja efectivamente la totalidad del devanado.



## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Bibliografía

- Anguela Galisteo, A. (Junio de 2018). <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/22751>.  
Obtenido de Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo para generadores de inducción en un parque eólico.
- Asiain, F. R. (s.f.). Departamento de Ingeniería Eléctrica. México D F: SEPI,-ESIME-IPN.
- Castelli, M. y. (2007). *Metodología de monitoreo, detección y diagnóstico de fallos en motores asíncronos de inducción*. Montevideo - Uruguay: URUMAN.
- Chapman, S. (1993). *Maquinas Eléctricas*. DF: 2da. Ed. Limusa.
- Cobañas, M. G. (1998). *Técnicas para el Mantenimiento y Diagnóstico de máquinas Eléctricas rotativas*. Barcelona: Marcombo.
- Comerciales, A. d. (2018). En M. D. Gomez.
- F. Villalda, D. C. (2007). Estudio del comportamiento de motores de inducción ante fallas estáticas. *Revista de la Facultad de Ingeniería Antioquia*.
- Fernandez C.M., G. M. (2000). *Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas*. Madrid: Marcombo.
- Fernandez, C. M. Garcia M. M. O G., Cano, J. M., Solares, S. J. . (2000). *Técnicas de Mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas, ABB Service*. Obtenido de Marcombo Boixareu, Editorial España
- Ferro, G. L. (2015). *Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna*. Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata- Facultad de Ingeniería.
- Ferro, G. L. (junio de 2018). *corrientes\_cortocircuito\_sistemas\_trifasicos*. Obtenido de [http://www3.fi.mdp.edu.ar/dtoelectrica/files/electrotecnia3/corrientes\\_cortocircuito\\_sistemas\\_trifasicos.pdf](http://www3.fi.mdp.edu.ar/dtoelectrica/files/electrotecnia3/corrientes_cortocircuito_sistemas_trifasicos.pdf)
- Gomez, M. d. (s.f.). *Análisis de Contingencias Eléctricas en Centros Comerciales*.
- IIE Universidad de la República Uruguay. (Junio de 2018). *Calculo de las corrientes de cortocircuito*. Obtenido de [https://iie.fing.edu.uy/ense/asign/iiee/Documentos/Teorico/Calculo\\_de\\_las\\_corrientes\\_de\\_cortocircuito.pdf](https://iie.fing.edu.uy/ense/asign/iiee/Documentos/Teorico/Calculo_de_las_corrientes_de_cortocircuito.pdf)
- Moreno, C. &. (s.f.). *Protección diferencial de generadores síncronos usando redes neuronales artificiales*. Pereyra.



Rosas, R. M. (s.f.). Tesis Doctoral.

URRESTY, J. (. (s.f.). *Diagnostico de roturas de barras en un motor de induccion de jaula de ardilla mediante la aplicacion del metodo de elementos finitos*. Tesis de grado: Universidad del Valle - Facultad de Ingenieria.

### **Páginas Web**

- <http://www.milenio.com/opinion/varios-autores/universidad-politecnica-de-tulancingo/importancia-de-los-motores-electricos-en-la-sociedad>
- <https://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>
- <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-daños-en-los-bobinados-motores-trifasicos-50036032-guia-instalacion-espanol.pdf>
- [http://www.cifp-mantenimiento.es/e-learning/index.php?id=22&id\\_sec=2#](http://www.cifp-mantenimiento.es/e-learning/index.php?id=22&id_sec=2#)
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_monof%C3%A1sico\\_de\\_fase\\_partida](https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_monof%C3%A1sico_de_fase_partida)
- [http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/28690/maquinas\\_electricas\\_cap10.pdf?sequence=23](http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/28690/maquinas_electricas_cap10.pdf?sequence=23)



## IX. ANEXOS



**Matriz de consistencia:**

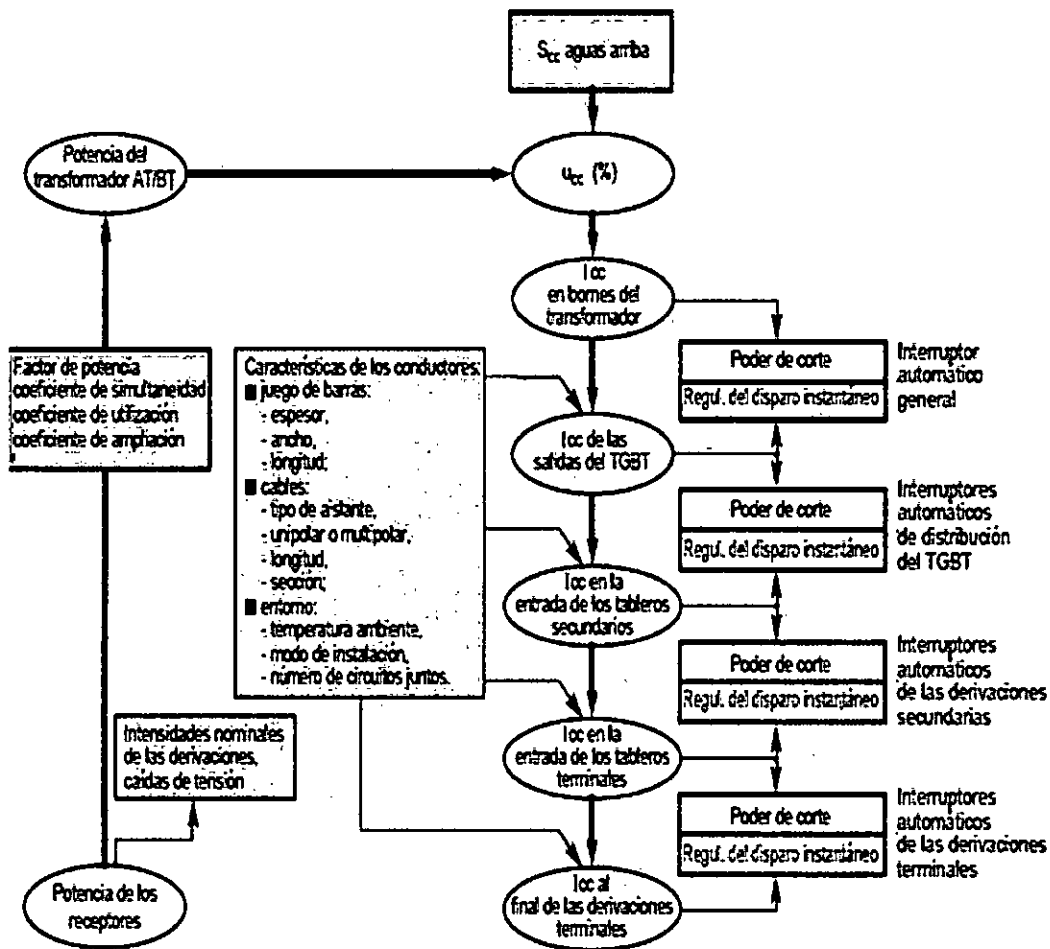
**FACTORES INFLUYENTES DE CORTO CIRCUITO EN EL FUNCIONAMIENTO MÁQUINAS ELECTRICAS SINCRÓNICAS Y ASINCRÓNICAS**

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<p><b>PROBLEMA PRINCIPAL</b></p> <p>¿Factores influyentes de corto circuito en el funcionamiento de máquinas eléctricas sincrónicas y asíncrona?</p>	<p><b>OBJETIVO PRINCIPAL</b></p> <p>Factores influyentes de corto circuito en el funcionamiento de máquinas eléctricas sincrónicas y asíncrona no permiten un buen funcionamiento.</p>	<p><b>HIPOTESIS PRINCIPAL</b></p> <p>Determinar los factores de corto circuito influyentes en el funcionamiento de las máquinas eléctricas sincrónicas y asíncronas; que trae consigo el deterioro</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p>El accidente El corto circuito</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Generadores eléctricos</li> <li>* Motores eléctricos.</li> <li>* factores                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiempo de uso</li> <li>- Mala utilización</li> <li>- Sistema de protección</li> </ul> </li> <li>* Materiales varios</li> <li>Costo de los accidentes producidos por accidente</li> <li>Frecuencia de estos accidentes.</li> </ul>
<p><b>PROBLEMAS ESPECIFICO</b></p> <p><b>P. S.1</b> ¿Cómo afecta un corto circuito en el funcionamiento de las máquinas asíncronas (motor)?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECIFICO</b></p> <p><b>OB.1</b> Determinar donde se producen el corto circuito en las máquinas asíncronas y sincrónicas.</p>	<p><b>HIPOTESIS ESPECIFICO</b></p> <p>H1. Existen lugares donde se pueden producir los cortocircuitos de las máquinas eléctricas sincrónicas y asíncronas señalarlos.</p>	<p><b>VARIABLES DEPENDIENTES</b></p> <p>VD1 En generadores sincrónicos y motores asíncronos</p>	
<p><b>P.S.2</b> ¿Cómo afecta un corto circuito en el funcionamiento de las máquinas sincrónicas (generador)?</p>	<p><b>OB.2</b> Como Afecta un corto circuito en el funcionamiento de las máquinas sincrónicas (generador y asíncronas (motor).</p>	<p>H2. Estos factores Influyentes del corto circuito afectan el funcionamiento de las máquinas eléctricas sincrónicas y asíncronas.</p>	<p>VD2. Factores influyentes en el buen funcionamiento.</p>	

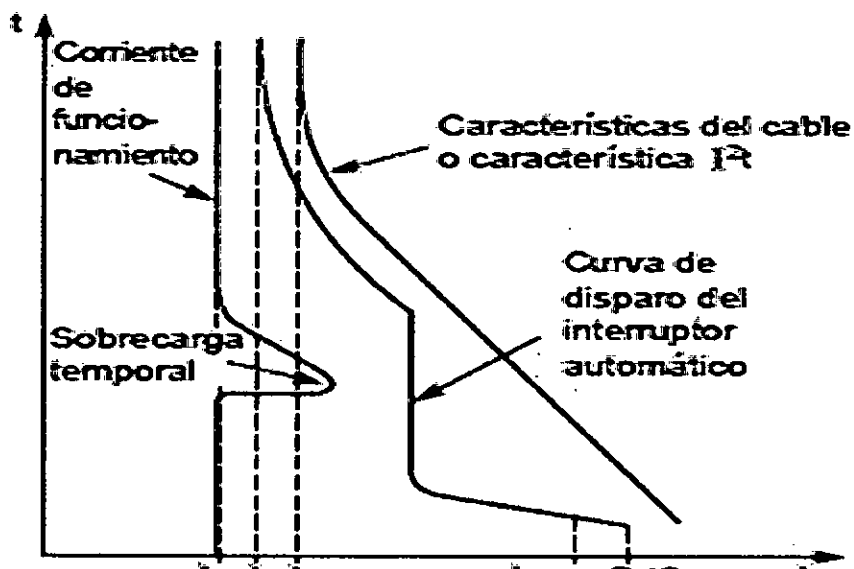




# 1. Procedimiento de cálculo de $I_{cc}$ para el proyecto de una instalación



# 2. Protección de un circuito por interruptor automático



### 3. Los principales defectos de cortocircuito

Las principales características de los cortocircuitos son:

- su duración: autoextinguible, transitorio, permanente,
- su origen:
  - Originados por factores mecánicos (rotura de conductores, conexión eléctrica accidental entre dos conductores producida por un objeto conductor extraño, como herramientas o animales),
  - Debidos a sobretensiones eléctricas de origen interno o atmosférico,
  - Causados por la degradación del aislamiento provocada por el calor, la humedad o un ambiente corrosivo,
- Su localización: dentro o fuera de una máquina o un tablero eléctrico. Desde otro punto de vista, los cortocircuitos pueden ser:
  - monofásicos: 80% de los casos,
  - bifásicos: 15% de los casos. Los de este tipo, suelen degenerar en trifásicos,
  - trifásicos: de origen, sólo el 5% de los casos.

### 4. Datos para estudio de cortocircuito

En un sistema interconectado, al conectar una nueva carga, se entregan niveles de cortocircuito a través de los valores de C-C trifásico y Monofásico

#### Metodología General para calcular la corriente de corto circuito

