



I.M.E.I.

(Instalación y Mantenimiento de Equipos Informáticos)

INDICE

NOCIONES BÁSICAS DE ELECTROTÉCNIA	3
Principios Físicos de la Electricidad.	3
Sistemas de Corriente Continua.	4
Sistemas de Corriente Alterna.	4
Tensión Eficaz	4
Impedancia	4
Admitancia	5
Los Elementos Básicos	5
Potencia	5
Potencia Activa	6
Potencia Reactiva.....	6
Potencia Compleja	6
La Potencia en los 3 Elementos Básicos.....	6
Sistemas de Corriente Trifásicos.	7
Potencia en un Sistema Trifásico.....	8
Paso de Triangulo a Estrella	8
Ejemplo de Ejercicio.....	9
NOCIONES BÁSICAS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN	11
1. Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión.	11
Conductores.....	11
2. Función de Mando y Maniobra.	12
Interruptor.....	12
Contactor	12
Disyuntor	12
Seccionador	12
3. Función de Protección.....	12
Fusible	12
Relé y Disparador.....	12
Montaje de Conjuntos y Esquemas.	13
Tipos de distribución del Neutro.	13
Neutro a Tierra (TT)	14
Puesta a Neutro (TN)	14
TNS y TNC en una misma instalación.	15
Neutro Aislado (IT).....	15
Puestas a Tierra.	15
Receptores.....	16
Cálculo de la sección de los Conductores.	17
NOCIONES BÁSICAS DE FIABILIDAD DE SISTEMAS	18
1. Conceptos Generales.	18
Tasa de Fallo $\lambda(t)$	18
Modos de funcionamiento de un sistema.	18
Según demanda.....	18
Funcionamiento Continuo.	18
Fiabilidad.	19
MTTF.	19
Distribuciones de Probabilidad.	19
Distribución Binomial.....	19
Distribución de Poisson.	19
Función Exponencial.	20
Fiabilidad de Sistemas.....	20
Sistemas con elementos en serie y en paralelo.	20
Sistemas con un elemento reparable.	21
Disponibilidad	22
Indisponibilidad	22
Sistemas con un Elemento de Reserva.	22

CARACTERÍSTICAS DE LAS CARGAS ELECTRICAS DE LA RED	24
1. Cargas Críticas.....	24
Clasificación de las Cargas Críticas.	24
2. Características necesarias de alimentación.	24
Estabilidad de Tensión en Régimen Transitorio.	24
Microcortes.	24
Impulsos.	25
Estabilidad de la Frecuencia.	25
3. Tabla Resumen.....	25
Seguridad del Suministro.....	25
ACONDICIONADORES DE LINEA Y SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA	26
1. Transformadores de ultraaislamiento.....	26
2. Alimentadores Especiales. Estabilizadores.	26
Estabilizadores de Tomas.....	26
Estabilizadores de Resolución Continua.	26
Estabilizador por Divisor Inductivo.....	27
3. SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA.....	27
SAI Clásico.....	27
Modos de Funcionamiento de un SAI.....	28
Alimentación Normal por Inversor (On-Line)	28
Alimentación Normal por Red.	28
SAI de Tres Vías.	28
INSTALACIÓN DE EQUIPOS INFORMÁTICOS Y DE SAI	29
1. Potencia Necesaria.....	29
2. Fiabilidad.....	29
3. Problemas típicos con los SAI y las Cargas Críticas.....	29
4. Condiciones del Edificio y de la Sala.	29
Local.....	30
Falso Suelo	30
Recomendaciones de uso de la sala.	30
Aire Acondicionado.	30
5. Suministro Eléctrico.....	31
Toma de Tierra	31
Cuadro Eléctrico.....	31
Distribución	31
Interferencias	31

NOCIONES BÁSICAS DE ELECTROTÉCNIA

Principios Físicos de la Electricidad.

El electrón es el elemento básico o partícula elemental eléctrica.

La carga eléctrica del electrón, se denomina "**Carga Eléctrica Elemental**", y su unidad de medida es el *Culombio*.

Un Culombio equivale a la carga de $-6,24 \cdot 10^{18}$ electrones.

Las fuerzas con las que las cargas se atraen o se repelen se denomina "**Intensidad del Campo Eléctrico**", y su unidad de medida es el *Newton/Culombio* (NC^{-1}), o el *Voltio/Metro* (Vm^{-1}).

La energía potencial por unidad de carga en un punto se denomina "**Potencial Eléctrico**" en dicho punto, y su unidad de medida es el *Voltio* (V).

La diferencia de potenciales entre un punto cualquiera A, y otro punto B, se denomina "**Tensión**".

La diferencia de potenciales entre dos puntos, se denomina "**Caída de Tensión**".

La carga eléctrica del flujo de electrones que circula por un conductor en la unidad de tiempo, se denomina "**Intensidad de Corriente Eléctrica**".

La "**Potencia Eléctrica**", es la capacidad que tiene un elemento para producir un trabajo, o para consumir o generar energía eléctrica en la unidad de tiempo, y su unidad de medida es el *Vatio* (W).

El valor instantáneo de **la potencia consumida por un elemento**, es el producto de la Caída de Tensión entre sus extremos, por la Intensidad de Corriente que circula por él.

$$P = U \cdot I \Rightarrow P(t) = U(t) \cdot I(t)$$

La "**Resistencia**" es la mayor o menor oposición de un material al paso de la corriente eléctrica, y esta es propia de cada material, dependiendo de una característica intrínseca denominada resistividad.

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

R = Resistencia. Unidad de Medida Ohmio (Ω)

ρ = Resistividad, se mide en $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

s = Sección del Conductor en mm^2 .

l = Longitud del conductor en metros.

Sistemas de Corriente Continua.

En los sistemas de corriente continua se cumple que:

$$U(t) = U \text{ e } I(t) = I, \forall t$$

Ley de Ohm: $I = \frac{U}{R}$.

La Potencia consumida por una resistencia es : **P=U·I**

La Energía consumida por una resistencia es : **W=P·t** (t =Segundos)

Sistemas de Corriente Alterna.

Son aquellos en los que los valores de la **Tensión** y de la **Intensidad** varían periódicamente a lo largo del tiempo.

$$U(t) = U_0 \cdot \text{sen } \omega t$$

$$I(t) = I_0 \cdot \text{sen}(\omega t - \varphi)$$

U_0 e I_0 : Valores máximos o amplitudes.

φ : Angulo de Fase o de Desfase entre U e I.

ω : Es la Pulsación del sistema en Radianes /Segundo (rd/s).

ω se expresa habitualmente como f, frecuencia o número de ciclos por segundo, y cuya unidad es el Hercio (Hz), o T periodo o tiempo necesario para que ocurra un ciclo.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

Tensión Eficaz

Si se aplica una tensión alterna de valor eficaz U a una resistencia R, ésta disipa por efecto Joule una energía igual a la que disiparía si se le aplicase durante el mismo tiempo una tensión continua de valor U.

En un sistema de corriente alterna y para el caso particular de una senosoide donde $T=2\pi/\omega$, la tensión eficaz sería:

$$U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

Impedancia

Es la relación entre los valores instantáneos complejos de la **Tensión** y de la **Intensidad**.

$$\vec{Z} = R + jX$$

R = Resistencia, X = Reactancia.

La unidad de medida de la impedancia es el Ohmio (Ω)

Admitancia

Es la inversa de la Impedancia.

$$\vec{Y} = G + jB$$

G = Conductancia, B = Susceptancia.
La unidad es el (Ω^{-1})

Los Elementos Básicos

Los tres elementos básicos que constituyen las impedancias en los circuitos eléctricos son:

- La Resistencia (R)
- La Bobina (L)
- El Condensador (C)

La impedancia de un circuito que contenga estos tres componentes, se calcula como la suma de impedancias.

$$\vec{Z} = \vec{Z}_R + \vec{Z}_C + \vec{Z}_L$$

El comportamiento de estos tres elementos básicos es el siguiente:

La **Resistencia** disipa calor, y no induce ningún desfase.

$$\vec{Z}_R = R, \text{ y } (j = 0)$$

La **Bobina** almacena y cede energía mediante el campo magnético creado, y produce un retraso en la fase de $\pi/2$.

$$\vec{Z}_L = j\omega L, \text{ y } (j = -\frac{p}{2})$$

El **Condensador** almacena y cede energía mediante el campo eléctrico creado entre sus terminales, y la intensidad está adelantada $\pi/2$ respecto a la tensión.

$$\vec{Z}_C = \frac{1}{\omega C} j, \text{ y } (j = \frac{p}{2})$$

Potencia

$$P(t) = U \cdot I \cdot \cos j (1 + \cos 2\omega T) + U \cdot I \cdot \sin 2\omega T$$

$U \cdot I \cdot \cos j (1 + \cos 2\omega T)$: Positivo, pulsante, representa un intercambio de energía unidireccional. (Potencia Activa)

$U \cdot I \cdot \sin 2\omega T$: Nulo, representa un intercambio oscilatorio de energía. (Potencia Reactiva)

Potencia Activa

Es la potencia realmente transmitida, y que se puede convertir en trabajo o calor. Su unidad es el Vatio (W).

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt = U \cdot I \cdot \cos \mathbf{j}$$

Potencia Reactiva

Esta asociada a los campos eléctricos y magnéticos del circuito. Se trata de un intercambio oscilatorio de energía. Su unidad es el Voltiamperio Reactivo (VAr). *(Es la potencia desfasada que no se aprovecha)*

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \mathbf{j}$$

Potencia Compleja

Es el módulo de la suma de la Potencia Activa más la Reactiva.

$$S = U \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

(Es la potencia aprovechable, si se pone "en fase" la potencia reactiva)

La Potencia en los 3 Elementos Básicos

CONSUMOS		
Elemento	Activa	Reactiva
R	$P_R = I^2 \cdot R$	$Q_R = 0$
L	$P_L = 0$	$Q_L = I^2 \omega L$
C	$P_C = 0$	$Q_C = -U^2 \omega C$ (Produce Reactiva)

El Factor de Potencia (f.d.p) $\cos \phi$, oscila entre $[0,1]$, si es distinto de 1 hay que especificar si es **Inductivo** (*Parte Imaginaria de Z es positiva*), o si es **Capacitivo** (*Parte Imaginaria de Z es negativa*).

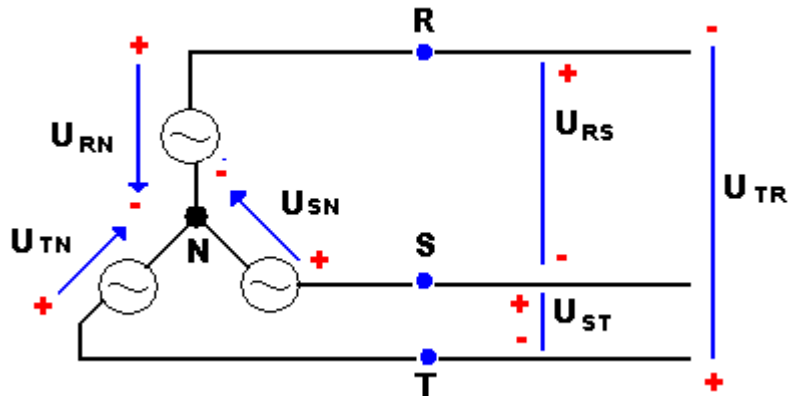
$$\cos \mathbf{j} = \frac{P}{S} = \frac{R}{Z}$$

El f.d.p. informa de cuanto se aleja una carga del comportamiento que tiene una resistencia (f.d.p.=1). Cuanto mejor comportamiento tenga, más cercano a 1.

En un sistema con un f.d.p =1 estaremos aprovechando toda la potencia, la activa, y la reactiva, transformada esta última en activa. *(Realmente la reactiva se anula por medio de condensadores)*

Sistemas de Corriente Trifásicos.

Son sistemas de corriente alterna, formados por tres tensiones senoidales, de igual módulo y frecuencia, pero desfasadas entre sí 120° .



$$U_{RN} = U_{f_0} \cdot \text{sen} \omega t$$

$$U_{SN} = U_{f_0} \cdot \text{sen}(\omega t - 120^\circ)$$

$$U_{TN} = U_{f_0} \cdot \text{sen}(\omega t + 120^\circ)$$

La tensión entre la fase y N (Punto Neutro), se llama **Tensión de Fase** U_f .

La tensión entre 2 fases se llama **Tensión de Línea** U .

La relación entre las diferentes tensiones es:

$$U_{RS} = U_{RN} - U_{SN}$$

$$U_{ST} = U_{SN} - U_{TN}$$

$$U_{TR} = U_{TN} - U_{RN}$$

La relación entre los módulos de Tensión de Línea y Tensión de Fase es:

$$U_f = \frac{U}{\sqrt{3}}$$

Y para la intensidad:

$$I_f = \frac{I}{\sqrt{3}}$$

Una carga trifásica equilibrada, esta formada por 3 impedancias idénticas y cada una de ellas se denomina fase.

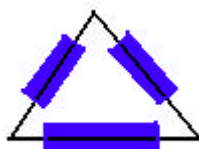
Las 3 impedancias pueden conectarse de 2 formas distintas:



ESTRELLA

$$U = \frac{U}{\sqrt{3}}$$

$$I = I$$



TRIANGULO

$$U = U$$

$$I = \frac{I}{\sqrt{3}}$$

La relación entre las impedancias es:

$$\vec{Z}_\Delta = 3 \cdot \vec{Z}_Y$$

Potencia en un Sistema Trifásico

La potencia en un sistema trifásico, es la suma de potencia de cada una de sus fases.

Las expresiones de la Potencia Activa, Reactiva y la Aparente son:

$$P = \sqrt{3} \cdot IU \cos \phi$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot IU \sin \phi$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3} \cdot IU$$

Paso de Triangulo a Estrella

El paso de una conexión en Triangulo a Estrella, se realiza con el fin de reducir la potencia absorbida por la carga, sin cambiar ni la tensión (U), ni las impedancias de fase.

$$P = I^2 \cdot R, \text{ luego } I = U/R \rightarrow P = I \cdot U, \text{ donde } I = \frac{I}{\sqrt{3}}.$$

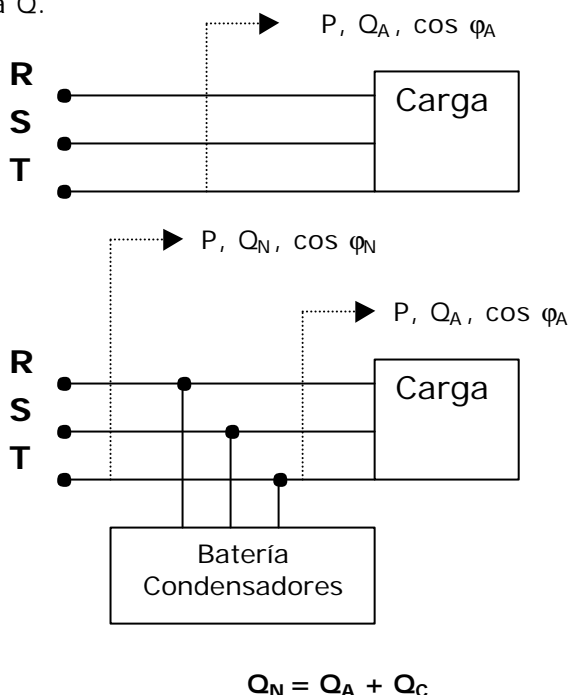
$$\text{Tenemos que } P_{\Delta} = \frac{I}{\sqrt{3}} \cdot U, \text{ y de forma similar } P_Y = I \cdot \frac{U}{\sqrt{3}}.$$

En Δ mantenemos potencia, disminuyendo Intensidad, u en \star mantenemos potencia disminuyendo Tensión.

Si en Δ , $P_{\Delta} = \frac{I}{\sqrt{3}} \cdot U$, mantenemos Intensidad y Tensión, tenemos que

$$I \cdot U = P_{\Delta} \cdot \sqrt{3} \text{ con lo cual } \rightarrow \text{Aumentamos Potencia.}$$

Para disminuir la Potencia Reactiva que se toma de la red, sin variar la potencia que se consume, se instalan baterías de condensadores en paralelo, que generen potencia reactiva Q.



$$Q_C = P(\tan \phi_N - \tan \phi_A) = -3U^2 \omega C$$

$$C = \frac{P(\tan \phi_N - \tan \phi_A)}{3U^2 \omega C}, \text{ es la capacidad por fase de la batería de condensadores.}$$

La capacidad de los condensadores conectados en estrella, es 3 veces mayor que la capacidad de los mismos condensadores conectados en triángulo, pero soportan una tensión de fase menor.

Ejemplo de Ejercicio.

Un sistema trifásico de tensiones, de tensión de línea 220V y frecuencia 50Hz, se conecta una carga trifásica formada por 3 impedancias iguales conectadas en estrella. Sabemos que dicha carga consume 4kVA, con un f.d.p. 0,8 inductivo, se pide calcular:

- 1.- Valor de la Intensidad de Línea.
- 2.- Valor de la Impedancia por fase de la carga.
- 3.- Capacidad por fase de la batería de condensadores conectados en triángulo, que, conectados en paralelo con la carga, hace que el conjunto presente un f.d.p. unidad. Calcular el nuevo valor de intensidad de línea en este caso.

1.- Valor de la Intensidad de Línea.

Sabemos que: $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3} \cdot IU$, y tenemos que $U=220V$, $S=4000$, por lo

tanto: $\rightarrow I = \frac{4000}{\sqrt{3} \cdot 220} = 10,5 A$

2.- Valor de la Impedancia por fase de la carga.

La impedancia de la fase es: $Z = \frac{U_f}{I}$, como las 3 impedancias son iguales, la impedancia será la misma para las 3 fases.

$$Z = \frac{220}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 12,1 \Omega$$

$\dot{Z} = Z \cos \phi + jZ \sin \phi = R + jX$, como $\cos \phi = 0,8$ entonces $\phi=36,87^\circ$, así tenemos;

$$\dot{Z} = 12,1(0,8 + 0,6j) = 9,68 + 7,26j = 12,1 \angle 36,87^\circ$$

3.- Capacidad por fase de la carga de la batería de condensadores....

Si la f.d.p.=1 significa que $\cos \phi=1$, luego $\phi=0$.

Sabemos que $Q_N = Q_A + Q_C$, cuando hay una batería de condensadores. Como $\text{fdp}=1$, significa que la potencia reactiva es nula, luego $Q_N=0$.

Así tenemos: $0 = Q_A + Q_C$, y además sabemos que Q_C anula a Q_A

Para hallar Q_A , sabemos que $Q = \sqrt{3} \cdot IU \operatorname{sen} j$, y $\cos \varphi_A = 0,8$, luego;
 $\varphi_A = 36,87$ (que también lo sabíamos).

Ahora construimos la fórmula:

$$Q_A = \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 220 \cdot 0,6 = 2400 \text{ VAR}$$

Luego $Q_C = Q_A$

Para calcular la intensidad de línea ahora, partimos de la potencia activa consumida por la carga:

Utilizamos la relación $\cos j = \frac{P}{S} = \frac{R}{Z}$, $\rightarrow P = S \cdot \cos \varphi$

$S = 4000$, y $\cos \varphi_A = 0,8$, luego $P = 3200 \text{ W}$

La potencia activa no varía al conectar la batería de condensadores, como esa potencia activa (3200W) es también la potencia activa consumida por el conjunto carga-batería, tenemos:

$$P = \sqrt{3} \cdot IU \cos j$$

$$P = \sqrt{3} \cdot I \cdot 220 \cdot 1 \rightarrow 3200 = I \cdot 381, \rightarrow \boxed{I = 8,4 \text{ A}}$$

NOCIONES BÁSICAS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN

1. Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión.

Se denomina instalación eléctrica de Baja Tensión (BT), al conjunto de aparatos y de circuitos asociados con el fin particular de la producción, la conversión, la transformación, la transmisión, la distribución o la utilización de la energía eléctrica con unas tensiones nominales iguales o inferiores a 1.000 V para corriente alterna, o 1.500 V para corriente continua.

Las tensiones nominales normalizadas para las instalaciones eléctricas de BT son:

	Monofásica	Trifásica	
		Fase-Neutro	Entre Fases
Continua	110V y 220V		
Alterna	110V y 220V	127V- 220V	220V- 380V - 440V

La frecuencia normalizada es fija y de valor 50 Hz.

Los tipos de suministro son:

- **Normales.** (Efectuados a cada abonado por una única empresa)
- **Complementarios.** (A efectos de seguridad y continuidad del servicio)
 - **De Socorro.**
 - Limitado a una pot. Receptora máx. equivalente al 15% del total contratado. Obligatorio en toda clase de espectáculos públicos, o donde + 300 personas.
 - **De Reserva.**
 - Para mantener un servicio de los elementos indispensables. Limitado a una potencia máxima del 50% del total contratado.
 - **Duplicado.**
 - Sin las limitaciones de los suministros de Socorro y Reserva.

Conductores

Es el elemento del circuito que conduce la corriente eléctrica. Normalmente es un elemento metálico de aluminio o cobre recubierto y protegido por el aislante, generalmente PVC.

Los conductores, están señalizados por el color o colores de sus aislantes, así:



(Verde-Amarillo) Debe utilizarse exclusivamente para el Conductor de Protección, no debe utilizarse para ningún otro fin.



(Azul Claro) Se suele utilizar par el conductor de Neutro (es una recomendación no una norma). Nunca se debe utilizar como Conductor de Protección.

Varios conductores (conductor y aislante) se pueden reunir en un cable mediante una mezcla aislante de relleno. Este cable puede tener entre el relleno y su envoltura externa una envoltura metálica (zinc o malla metálica)

2. Función de Mando y Maniobra.

La función de mando y maniobra, consiste en la puesta en servicio o fuera de servicio de un aparato para su utilización o de una parte de una instalación.

Interruptor

Es un aparato mecánico de mando manual. Esta caracterizado por la tensión nominal y por la intensidad nominal de trabajo y por el poder de cortocircuito, que es el valor de la intensidad de cortocircuito que puede interrumpir sin deterioro.

Contactor

Tiene una función idéntica a la de un interruptor, sus partes móviles se mantienen contra los elementos fijos por la acción de un circuito magnético. Su poder de corte y cierre es muy elevado, normalmente 10 veces su intensidad asignada.

Disyuntor

Es un aparato de mando generalmente manual. Produce la apertura del circuito de forma muy rápida, lo que le confiere un poder de corte mucho más elevado que a los contactores.

Seccionador

Permite poner fuera de tensión la instalación, o una parte, para realizar trabajos de reparación en ella. Estos mecanismos no deben ser manipulados en carga, ya que no tienen poder de corte. (imaginar unas tijeras).

3. Función de Protección.

Consiste en evitar poner en peligro o dañar a las personas que utilizan la instalación eléctrica y a los equipos que están conectado a ella. Existen tres tipos de funciones de protección:

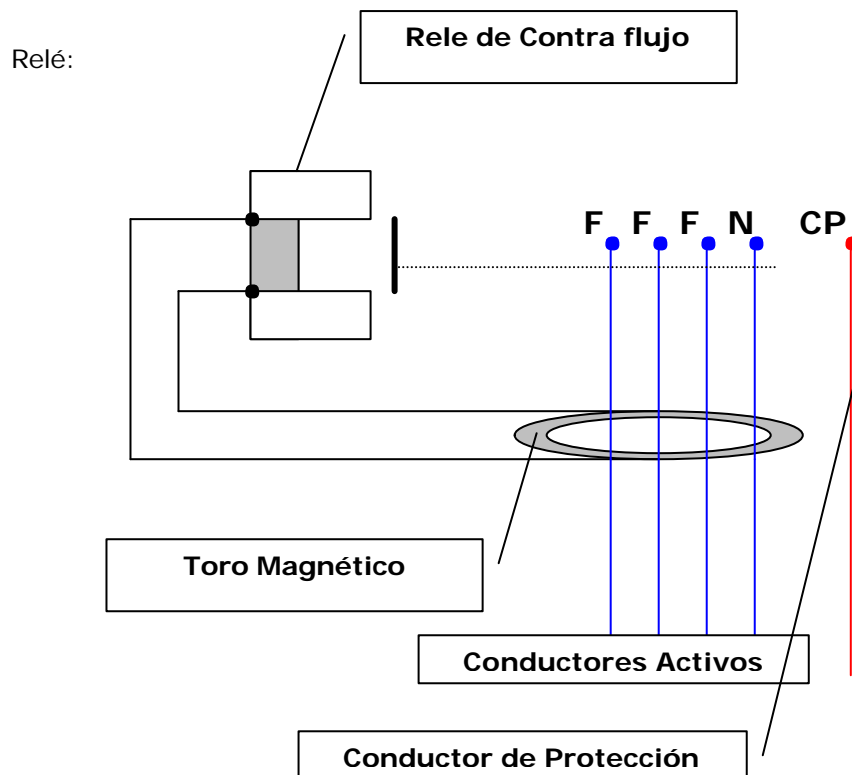
- Corte de Urgencia.
- Protección contra Sobre Intensidades.
- Protección contra Contactos Directos.

Fusible

La función del fusible es abrir por fusión el circuito donde se hale colocado, cuando la corriente que lo traviesa, supera un valor determinado durante un tiempo determinado. Su tiempo de actuación y funcionamiento es inversamente proporcional al valor de la sobrecarga.

Relé y Disparador

Vigilan la magnitud de las corrientes que circulan por los equipos o instalaciones que protegen, y hacen funcionar una alarma o provocan la apertura del circuito. Existen varios tipos de Relé: Térmicos, Electromagnéticos, Magneto térmicos, y Diferenciales.



Montaje de Conjuntos y Esquemas.

Todos estos aparatos se conectan generalmente en serie para mandar y proteger un circuito o una línea, de tal forma que cada uno de ellos desempeñe en el conjunto una función específica y concreta de mando y/o protección.

Para que se realicen estas funciones de forma correcta se requiere que esos dispositivos sean selectivos, es decir que su actuación esté coordinada de tal forma que desconecte primero el que se encuentra más próximo al punto de defecto por delante del mismo (considerando el sentido del flujo de energía).

Tipos de distribución del Neutro.

El tipo de distribución del neutro se designa por un código de dos letras. La primera letra indica la unión o no del neutro a tierra, la segunda letra indica la unión de las distintas masas de los equipos de la instalación.

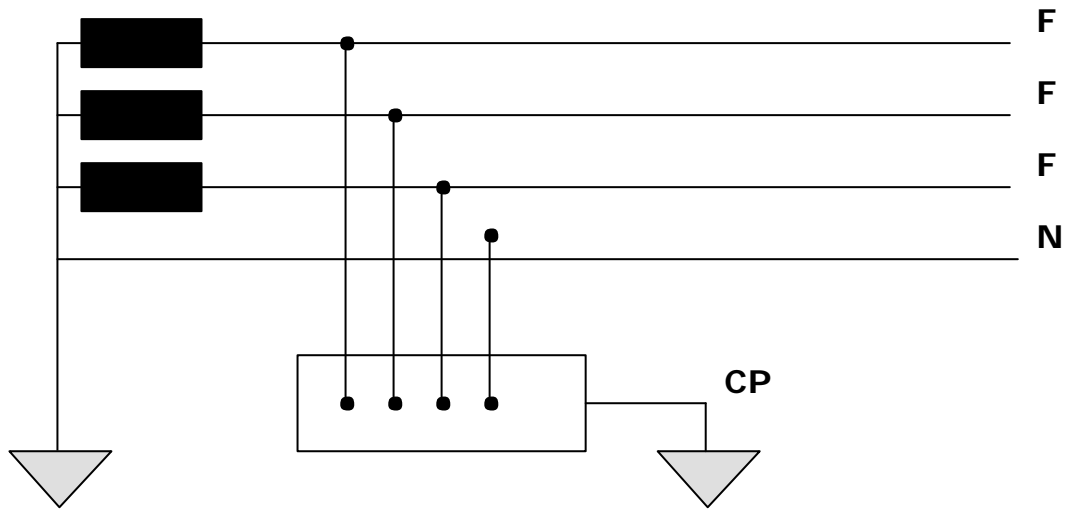
1ª Letra:

- T** Conexión directa del punto neutro a tierra.
- I** Ausencia de conexión del neutro a tierra, o unión por medio de una impedancia de alto valor.

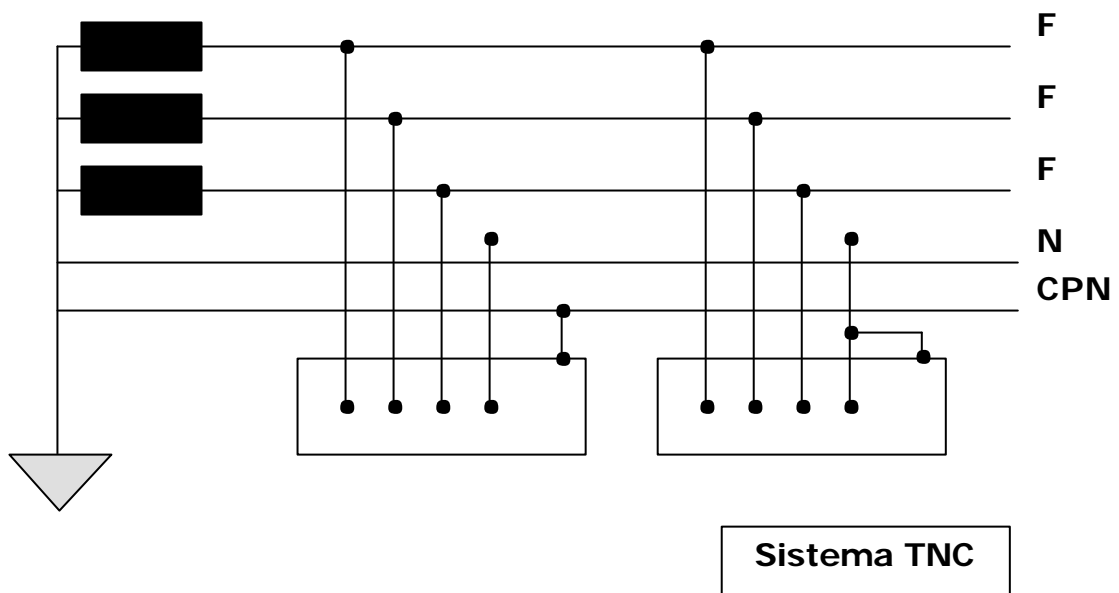
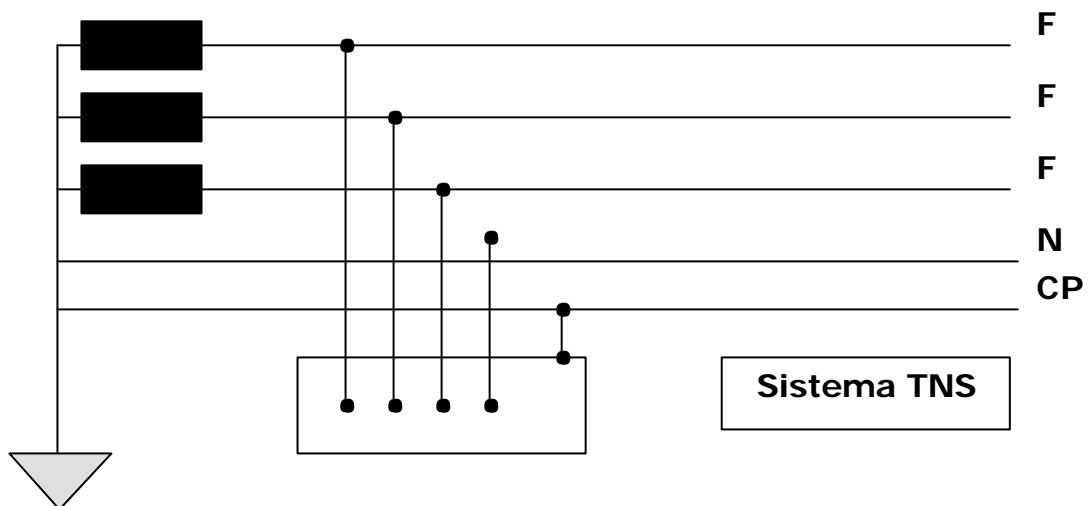
2ª Letra:

- T** Conexión de las masas a tierra, independientemente de la existencia o no de puesta a tierra de la alimentación.
- N** Conexión de las masas al neutro, que a su vez esta puesto a tierra.

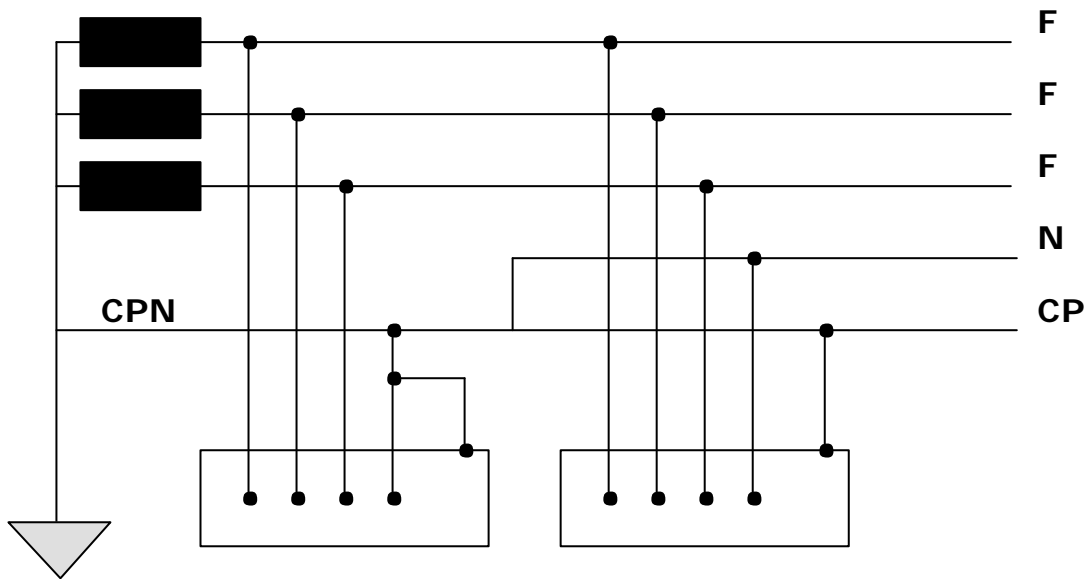
Neutro a Tierra (TT)



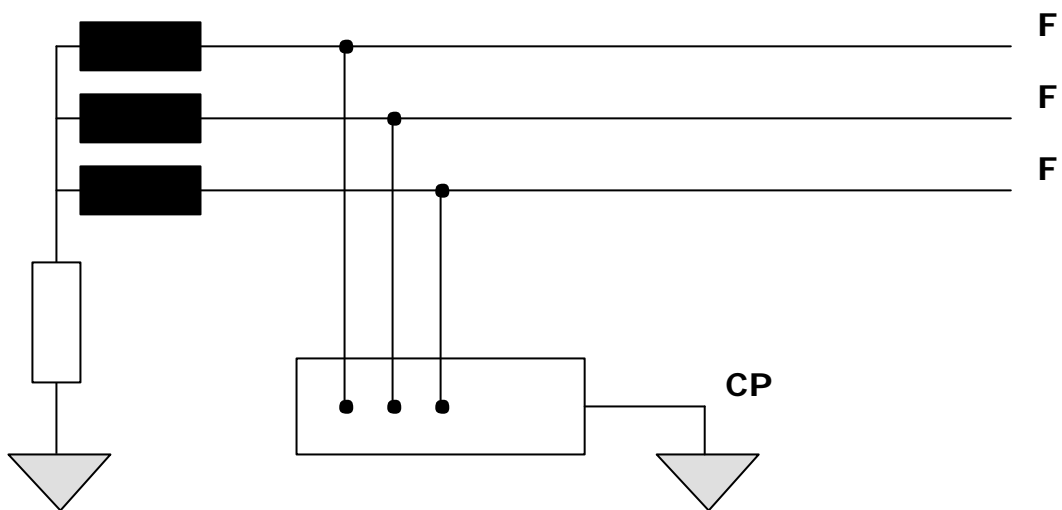
Puesta a Neutro (TN)



TNS y TNC en una misma instalación.



Neutro Aislado (IT)



Puestas a Tierra.

El objetivo que se persigue con la puesta a tierra de las masas metálicas de los equipos conectado a la instalación es, principalmente, el de limitar la tensión que con respecto a tierra pueden presentar éstas en un momento dado, asegurando la actuación de las protecciones y disminuyendo así, o eliminando el riesgo de choque eléctrico a las personas o de daño a los propios equipos.

En un sistema o circuito de puesta a tierra se distinguen cuatro partes:

- Las tomas de tierra.
- Las líneas principales.
- Las derivaciones de las líneas principales.
- Los conductores de protección.

Los circuitos de puesta a tierra forman una línea eléctricamente continua en la que no pueden conectarse en serie ni masas ni elementos metálicos de ningún tipo.

La conexión de masas y de cualquier elemento metálico al circuito de puesta a tierra se hace mediante derivaciones.

Esta prohibido interrumpir los circuitos de puesta a tierra intercalando seccionadores, fusibles o interruptores. Tan sólo esta permitido disponer un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra para poder medir la resistencia de la toma de tierra.

Receptores.

El reglamento de BT clasifica los receptores en función de sus características nominales de tensión e intensidad y de acuerdo a su grado de aislamiento, en 2 grupos:

Grupo 1: Tensión nominal hasta 440V e intensidad no superior a 63^a.

Grupo 2: Tensión o intensidad superior a 440V o 63A respectivamente.

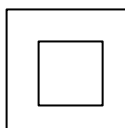
Estos se clasifican a su vez en función de la posibilidad o no de efectuar la puesta a tierra y de la forma de realizarla.

Clase 0: No llevan dispositivos de protección. Aislamiento Funcional.

Clase I: Con dispositivos de protección. El cable y la clavija del receptor incluye conductor de protección.

Clase 0I: Lleva bornes para la puesta a tierra de sus partes metálicas accesibles.

Clase II: No llevan dispositivos que unan las partes metálicas accesibles a un conductor de protección. Aislamiento reforzado que asegura la protección ante contactos indirectos. Estos dispositivos están indicados mediante este símbolo:



Clase III: Son receptores que no funcionan a una tensión superior a 50V.

Cálculo de la sección de los Conductores.

Para el cálculo de la sección de los conductores de fase de un circuito, existen dos criterios que deben aplicarse, considerando siempre el que resulte más desfavorable:

Máxima Caída de Tensión Admisible.

Según este criterio, la sección del conductor ha de ser tal que la mayor caída de tensión que se produzca en cualquier punto sea menor que un valor dado.

Máxima Intensidad de Corriente Admisible.

La sección debe ser tal que debe admitir la destrucción o deterioro de las características del cable, el paso de la máxima corriente prevista.

La experiencia dice que de forma general y para instalaciones con consumos normales, para longitudes inferiores a 10 metros, el criterio determinante suele ser el de la máxima intensidad de corriente admisible y para longitudes menores lo es el de la máxima caída de tensión.

NOCIONES BÁSICAS DE FIABILIDAD DE SISTEMAS

La fiabilidad de sistemas puede considerarse como un suceso compuesto dependiente de las probabilidades de varios sucesos individuales.

1. Conceptos Generales.

Tasa de Fallo $\lambda(t)$

Es la probabilidad de que un fallo se produzca en un sistema durante el intervalo de tiempo dt en el instante t . También puede definirse como el número de dispositivos que fallan o el número de fallos que ocurren por unidad de tiempo.

Modos de funcionamiento de un sistema.

Designamos D_n como el suceso respuesta a la n -ésima demanda, y $\overline{D_n}$, como el suceso de no respuesta.

La probabilidad de que el sistema funcione frente a $n-1$ demandas será $P(W_{n-1})$.

Según demanda.

$$P(W_{n-1}) = P(D_1 \cap D_2 \cap \dots \cap D_{n-1})$$

La probabilidad de que el sistema funcione / no funcione a la n demanda, habiendo funcionado las $n-1$ demandas anteriores es:

$$P(\overline{D_n} \cap W_{n-1}) = P(\overline{D_n} | W_{n-1})P(W_{n-1}) = P(D_1 \cap D_2 \cap \dots \cap D_{n-1} \cap \overline{D_n})$$

Funcionamiento Continuo.

La probabilidad de que un sistema no funcione es:

$$f(t)dt = I(t)dt[1 - F(t)]$$

$f(t)$: Probabilidad de fallo en el instante t , del periodo dt .

$\lambda(t)dt$: Probabilidad de fallo durante dt en el instante t .

$1-F(t)$: Probabilidad de que el sistema no presente fallo antes del instante t .

Expresado de otra forma:

La probabilidad de que un sistema falle en el instante t es; la probabilidad de que falle en dicho instante, por la probabilidad de que no halla fallado antes.

La probabilidad de fallo de un sistema entre el instante 0 y el instante t es:

$$F(t) = \int_0^t f(t')dt'$$

Fiabilidad.

Es la probabilidad de que un fallo determinado no se produzca en el sistema durante un periodo t . (La complementaria de la probabilidad de fallo)

$$R(t) = 1 - F(t)$$

Fiabilidad $\rightarrow R(t) = e^{-\lambda t}$

MTTF.

Mean Time To Failure, o Tiempo medio hasta el fallo permite caracterizar las funciones de fiabilidad de los dispositivos y compararlas.

Si la tasa de fallos es constante $\lambda(t) = \lambda$:

Tiempo Medio hasta el fallo $\rightarrow MTTF = \frac{1}{\lambda}$

Distribuciones de Probabilidad.**Distribución Binomial**

Esta distribución se aplica a aquellos casos en los que únicamente pueden presentarse dos estados (falla / no falla).

$$P(X = r) = \binom{n}{r} p^r (1-p)^{n-r}$$

$$E(x) = np, \quad \sigma^2 = np(1-p) = npq$$

Distribución de Poisson.

Se aplica en los casos en que se produce un hecho un número de veces determinado, en un intervalo de tiempo determinado.

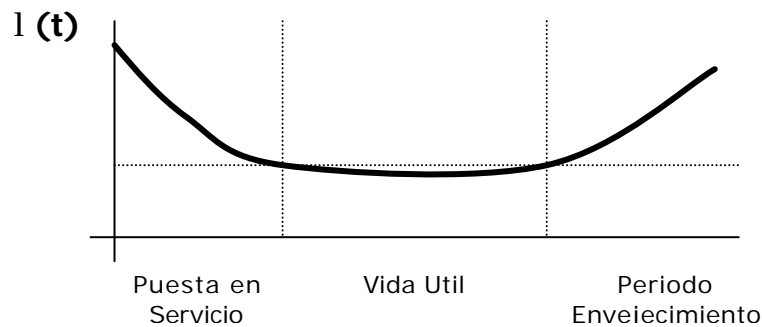
$$P(X = r) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^r}{r!}$$

$$E(x) = \sigma^2 = \lambda t$$

$\lambda t = \mu$, es el número medio de fallos.

Función Exponencial.

Se aplica a los sistemas cuyo comportamiento de la tasa de fallo sigue el modelo siguiente:



La probabilidad de que se produzca un fallo en el instante t , viene dada por:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

La probabilidad de que el sistema este sin fallo (Fiabilidad), es:

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\lambda t}$$

$$E(x) = \frac{1}{\lambda}, \text{ y } s^2 = \frac{1}{\lambda^2}$$

Fiabilidad de Sistemas.

Sistemas con elementos en serie y en paralelo.



Serie

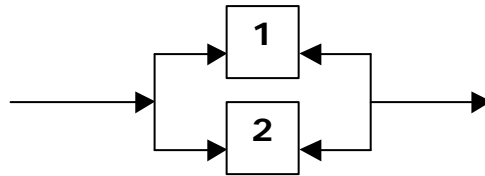
La probabilidad de que falle un sistema en serie, es la probabilidad de que falle cualquiera de los elementos que lo componen. Del mismo modo la fiabilidad es la intersección de la fiabilidad de todos sus elementos.

$$R_s = \prod_{i=1}^n R_i = \prod_{i=1}^n e^{-\lambda_i t}$$

El MTTF de un sistema en serie con dos elementos iguales ($\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$) es:

$$MTTF_s = \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2} = \frac{MTTF}{2}$$

La fiabilidad de un sistema en serie, es siempre menor que la del elemento menos fiable.



Paralelo

La probabilidad de fallo de un sistema en paralelo, es la probabilidad de que fallen todos los elementos que lo componen. En consecuencia, la fiabilidad del sistema es la suma de fiabilidades de sus componentes.

$$R_p(t) = e^{-(I_1)t} + e^{-(I_2)t} - e^{-(I_1+I_2)t}$$

Para un sistema de n elementos:

$$R_p = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - R_i], \text{ donde } R_i = e^{-\lambda_i t}$$

El MTTF para un sistema en paralelo, con 2 elementos es:

$$MTTF_p = \frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2} - \frac{1}{I_1 + I_2}$$

Si ambos elementos son iguales:

$$MTTF_p = \frac{3}{2I} = \frac{3}{2} MTTF$$

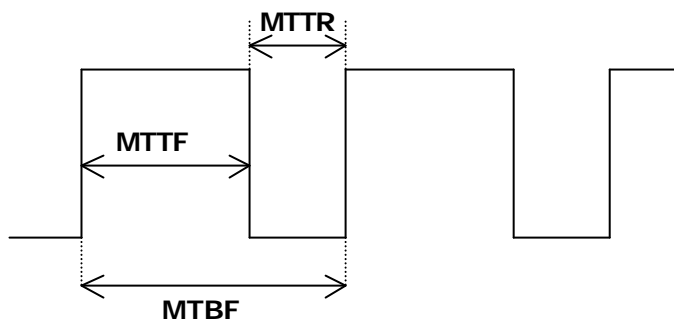
La fiabilidad de un sistema con elementos en paralelo es siempre mayor que la del elemento más fiable.

Sistemas con un elemento reparable.

El MTTR (*Mean Time To Repair*), es el tiempo medio de reparación, incluyendo los tiempos programados como los no programados.

Si μ es la tasa o velocidad de reparación $MTTR = 1/\mu$.

El ciclo completo de funcionamiento de un sistema es el siguiente:



El ciclo de funcionamiento es igual a la suma del MTTF + MTTR, (tiempo medio de fallo, más tiempo medio de reparación).

$$\boxed{MTBF = MTTF + MTTR}$$

Este tiempo medio de ciclo se denomina MTBF (*Mean Time Between Failures*).

P_0 : Probabilidad de que el elemento esté funcionando.

P_1 : Probabilidad de que el sistema esta averiado en.

$$P_0(t) = \frac{m}{l+m} + \frac{l e^{-(l+m)t}}{l+m} [l P_0(0) - m P_1(0)]$$

$$P_1(t) = \frac{m}{l+m} + \frac{l e^{-(l+m)t}}{l+m} [m P_1(0) - l P_0(0)]$$

Los valores límite de las expresiones definen:

Disponibilidad

$$\boxed{P_0(\infty) = \frac{m}{l+m} = \frac{MTTF}{MTBF}}$$

Indisponibilidad

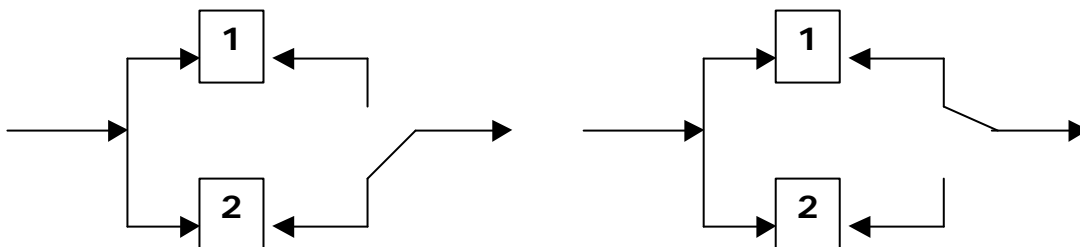
$$\boxed{P_1(\infty) = \frac{m}{l+m} = \frac{MTTR}{MTBF}}$$

La probabilidad de funcionamiento de un sistema en SERIE es el producto de las probabilidades de funcionamiento de sus elementos.

La probabilidad de que el sistema se encuentre fuera de servicio en un sistema PARALELO, es igual al producto de las probabilidades de fallo de sus elementos.

Sistemas con un Elemento de Reserva.

Son sistemas compuestos por 2 elementos, donde solo uno de ellos es necesario para que el sistema funcione.



Se supone que la detección del fallo del elemento 1 y la conmutación al elemento 2 se realiza de forma instantánea, y el elemento 2 presenta una fiabilidad del 100%, la fiabilidad del sistema se expresa:

$$R_s = e^{-I_1 t} + \frac{I_1 e^{-I_2 t} \cdot (1 - e^{-(I_1 - I_2)t})}{I_1 - I_2}$$

En el caso particular de dos elementos idénticos ($\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$), la fiabilidad resulta:

$$R_s = (1 + I t) e^{-I t}$$

y el Tiempo medio al fallo:

$$MTTF = \frac{1}{I} + \frac{I}{I^2} = \frac{2}{I}$$

El tiempo medio de funcionamiento sin fallo, es el doble del de los elementos del sistema, y superior al de un sistema compuesto de los mismos dos elementos en paralelo permanentemente.

CARACTERÍSTICAS DE LAS CARGAS ELECTRICAS DE LA RED

Las perturbaciones afectan al funcionamiento correcto de ciertas cargas, denominadas cargas críticas, entre las que se encuentran un gran número de equipos informáticos.

1. Cargas Críticas.

Se dice que una carga es crítica cuando para su correcto funcionamiento necesita o bien ser alimentada por una onda de excelentes características eléctricas, o bien tener una alta seguridad de suministro.

Clasificación de las Cargas Críticas.

A la hora de evaluar las necesidades de las cargas críticas, podemos dividir las en dos grandes grupos:

Grupo A, Cargas poco críticas:

- Ordenadores pequeños y sus periféricos.
- Equipos de adquisición de datos.
- Equipos y sistemas de transmisión.
- Controladores de procesos industriales no continuos.
- Instrumentación electrónica simple.
- Equipos sanitarios no vitales.

Grupo B, Cargas muy críticas:

- Ordenadores medianos y grandes y algunos de sus periféricos.
- Comunicaciones estratégicas.
- Controladores de procesos industriales continuos.
- Instrumentación electrónica compleja.
- Equipos sanitarios vitales.

2. Características necesarias de alimentación.

Exigencias de las cargas críticas:

Estabilidad de Tensión en Régimen Estacionario.

Esta característica se refiere a las variaciones lentas de la tensión, que suele ocasionarse como consecuencia de las fluctuaciones.

Estabilidad de Tensión en Régimen Transitorio.

Se refiere a variaciones rápidas de la tensión, que suelen deberse a la conexión y desconexión de grandes cargas.

Microcortes.

A veces la red presenta cortes de muy poca duración. La diferencia entre un corte y un microcorte puede establecerse en 20ms. Este tipo de Microcortes no suele ocasionar la desconexión de los equipos del grupo A, pero si los del grupo B, y a veces aunque no los desconecten, pueden provocar errores.

Impulsos.

Los impulsos consisten en la variación del valor instantáneo de la tensión de una magnitud que puede llegar a valer varias veces el valor de cresta de la onda de tensión, y de una duración brevísima, que es superior a algunos microsegundos e inferior a dos milisegundos.

Estabilidad de la Frecuencia.

Se refiere a la escasez de variación de la frecuencia de la onda eléctrica. Algunos motores para control fino exigen una estabilidad de frecuencia de $\pm 0,5\%$.

Distorsión Armónica de la Tensión de Alimentación.

Es un parámetro que determina cuánto se aleja una onda dada respecto a una onda senoidal pura que, por definición, tiene una distorsión nula.

$$D.A.T. = \frac{\sqrt{A_3^2 + A_5^2 + \dots + A_i^2}}{A_1^2}, \text{ con } i \text{ impar.}$$

3. Tabla Resumen.

	Necesidades de las Cargas Críticas		
	Grupo A	Grupo B	Características de la Red
Estabilidad en la Tensión en Régimen Estacionario.	$\pm 10\%$	+5% -8%	$\pm 7\%$ (legal) $\pm 10\%$ (Real)
Estabilidad en la Tensión en Régimen Transitorio.	+20% -30% (= 40ms)	+12% -15% (= 10ms)	31 Salidas Año fuera de +20%, -30% durando entre 2ms y 10 s
Microcortes de menos de 10ms.	No desconectan, pueden ocasionar errores	Desconectan, y ocasionan errores.	Entre 25 y varios cientos de más de 300ms
Estabilidad de la Frecuencia.	$\pm 2\%$	$\pm 0,5\%$	Aceptable salvo áreas aisladas.
Distorsión Armónica de la Tensión.	=5%, algunas =35%	=5% algunas, =3% del armónico 3º	=5,7%

Seguridad del Suministro.

TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS	
Necesario en las Cargas críticas	Esperable en la Red
Cargas de alta responsabilidad = 100.000 hrs.	Red excepcionalmente buena = 10.000 hrs.
Cargas de media responsabilidad = 5.000 a 30.000 hrs.	Red de calidad media = 2.000 hrs Red de mala calidad = 500 y 62 hrs

ACONDICIONADORES DE LINEA Y SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA

En sentido general se llama acondicionador de línea a todo equipo diseñado para mejorar la calidad de la red o línea de alimentación eléctrica.

1. Transformadores de ultraaislamiento.

Se trata de transformadores con elevado aislamiento galvánico primario-secundario (o lo que es lo mismo, pequeña capacidad parásita).

Para medir la atenuación al ruido en modo común, se introduce una tensión U_e de la frecuencia apropiada entre las dos entradas unidas entre sí y el chasis. Se mide la tensión U_s entre las dos salidas unidas y el chasis.

La atenuación en decibelios es:

$$\text{Atenuación Modo Común} = 20 \log \frac{U_e}{U_s}$$

Para medir el ruido en modo diferencial, se introduce una tensión U_e de la frecuencia apropiada entre las dos fases de entrada y se mide la tensión de salida U_s . La atenuación viene dada por la misma fórmula anterior.

El ruido en modo común en la entrada de un transformador de ultraaislamiento, puede ocasionar ruido en modo diferencial en la salida y viceversa.

2. Alimentadores Especiales. Estabilizadores.

Los estabilizadores son equipos que mantienen el valor de la tensión dentro de ciertos márgenes (de $\pm 1\%$ a $\pm 5\%$, según tipos) frente a variaciones de la tensión de la red (variaciones de $\pm 10\%$ a $\pm 20\%$, según tipos).

Los estabilizadores pueden ser de saltos o tomas y de resolución continua.

Estabilizadores de Tomas.

Se construyen con un transformador cuyo primario o secundario se conecta a través de tomas seleccionadas por interruptores estáticos.

Desde el punto de vista de la protección frente a ruidos es mejor disponerlas en el secundario. El número de ellas vienen dado por la relación aproximada:

$$N^{\circ} \text{ Tomas} = \frac{\text{Margen Tensión Entrada (en \%)}}{\text{Precisión Salida (\%)} + \text{Caída Interna (\%)} + \text{Errores (\%)}}$$

Estabilizadores de Resolución Continua.

En los estabilizadores de tomas, cuando se pasa de una a otra, la tensión de salida sufre un incremento o decremento brusco del orden del doble de la precisión de salida.

Algunas cargas no soportan estos cambios tan bruscos, y es entonces cuando hay que utilizar un estabilizador de resolución continua.

Estabilizador por Divisor Inductivo.

Este estabilizador esta fundamentado en el efecto reductor de tensión conseguido con una bobina fina L_f , y otra variable L_v . Aumentando la inductancia L_v la tensión de salida aumenta y viceversa. En ausencia de carga se tiene:

$$U_s = U_e \frac{L_v}{L_f + L_v}$$

En situación de carga la relación anterior se complica, pero se mantiene la vigencia del principio básico.

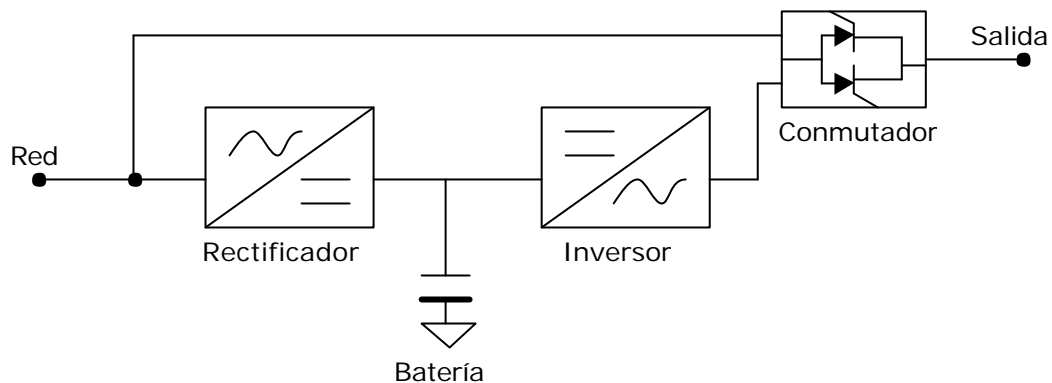
Este tipo de estabilizadores, eliminan bastante bien Microcortes de red de hasta 1 ó 2 ms.

3. SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA.

Un SAI, es un conjunto de circuitos eléctricos y electrónicos más un acumulador de corriente continua (batería) que es capaz de proporcionar tensión y corriente alterna de características controladas en presencia o ausencia de red.

La disposición general de los módulos o bloques funcionales de un SAI (Rectificador, Batería, Inversor, Filtros, Conmutadores, etc.), y la estrategia de funcionamiento, determinan en gran medida algunas características importantes del SAI, como su fiabilidad, rendimiento y peso, con bastante independencia de las soluciones concretas adoptadas para realizar cada bloque.

SAI Clásico.



El **Rectificador**, transforma la corriente alterna en corriente continua para la carga de la batería, y para alimentar al inversor.

El **Inversor**, transforma la corriente continua en corriente alterna para alimentar a la carga.

El **Conmutador**, modifica automática o manualmente el circuito para asegurar la alimentación a la carga.

La **Batería** es el elemento del SAI encargado de almacenar energía, para que en caso de fallo de red se pueda alimentar a la carga.

Modos de Funcionamiento de un SAI.

Básicamente un SAI puede funcionar de dos formas, según lo que se pretenda se utilizara un SAI que funcione de una u otra forma.

Alimentación Normal por Inversor (On-Line)

En este caso la carga es alimentada normalmente por el inversor. El inversor es alimentado a su vez por el rectificador que además carga o mantiene en carga la batería.

Las principales ventajas de este tipo de estrategia son que la carga recibe alimentación de alta calidad libre de perturbaciones y que no se producen perturbaciones en la carga por fallo y vuelta de red.

Para aumentar la fiabilidad del suministro se pueden conectar en paralelo varios módulos iguales cuya suma de potencias de salida sea superior a la de la carga, permitiendo un funcionamiento correcto con algún módulo en fallo o revisión.

Para los SAIs multimodulares, se define el grado de redundancia del sistema como:

$$\text{Redundancia (\%)} = \frac{\text{Potencia Total de los Módulos} - \text{Potencia de la Carga}}{\text{Potencia de la Carga}} \cdot 100$$

Alimentación Normal por Red.

En este tipo de SAI, la red alimenta normalmente la carga y cuando aquélla falla pasa a ser alimentada por el inversor.

Las ventajas de esta estrategia de funcionamiento son que la energía pasa directamente de la red a la carga, y que al no funcionar normalmente el inversor la fiabilidad del SAI sea normalmente mayor que la de uno con alimentación por inversor (On-Line).

SAI de Tres Vías.

Es un equipo construido alrededor de un transformador de tres vías (2 primarios y 1 secundario, todos aislados galvánicamente y magnéticamente).

Por la naturaleza del transformador en que se basan, estos SAI son normalmente monofásicos.

Desde un punto de vista de la fiabilidad, estos equipos son similares o incluso mejores que los SAI clásicos, por ser normalmente de construcción simplificada.

INSTALACIÓN DE EQUIPOS INFORMÁTICOS Y DE SAI

A la hora de elegir un SAI, básicamente han de tenerse en cuenta aspectos relativos a la potencia necesaria, las características eléctricas y la fiabilidad.

1. Potencia Necesaria.

Es una norma aconsejada por la experiencia elegir un SAI con una potencia nominar igual o superior al 150% de la potencia consumida por la carga o la instalación que se desea alimentar.

Es necesario conocer de manera precisa las potencias según catálogo de los equipos críticos y sumarlas.

2. Fiabilidad.

Para cargas muy críticas hay que exigir un SAI con un tiempo medio entre fallos del orden de 100.000 horas/fallo, y para cargas poco críticas, de unas 20.000 horas/fallo.

En instalaciones complejas es necesario realizar un estudio técnico y económico para encontrar el coste mínimo que se produce para una fiabilidad óptima.

3. Problemas típicos con los SAI y las Cargas Críticas.

En la alimentación de las cargas críticas, incluidos los equipos informáticos, hay ciertos problemas que se repiten a menudo.

a) Polución de la Red.

En SAI medianos y sobre todo en grandes, es muy importante mantener la distorsión de la intensidad de entrada lo más baja posible.

b) Aislamiento Galvánico.

Deben preferirse los SAI que disponen de aislamiento galvánico de su circuito de salida respecto de la red.

c) Periféricos con puntas elevadas de arranque.

En instalaciones donde haya conectados varios periféricos a un ordenador, puede darse que uno de éstos tenga una punta de corriente al entrar en funcionamiento, desproporcionadamente grande en comparación con su corriente de entrada en régimen permanente.

4. Condiciones del Edificio y de la Sala.

Es importante tener en cuenta algunos consejos de seguridad, a la hora de diseñar o utilizar una sala de ordenadores, o la zona de la empresa donde se localicen los equipos informáticos más críticos.

Local

Para seleccionar el local, se deben de tener en cuenta las siguientes normas:

- No deben existir obstáculos en el trayecto y para acceder al lugar del equipo.
- Se debe destinar espacio suficiente para instalar el equipo y las futuras ampliaciones.
- La situación física del sistema debe ser alejada del tráfico de personas y de las zonas de trabajo.
- Existirá la posibilidad de un suministro eléctrico fácil.
- Se deben respetar las distancias mínimas de servicio (1 metro) por cada lado del ordenador.
- No deben existir cambios drásticos de temperatura, incidencia de luz solar directa, ni contaminantes.
- La pintura de las paredes no debe dejar residuos.
- No debe existir riesgo de vibraciones.

Falso Suelo

La altura adecuada del falso suelo de la sala es de unos 30 cm como mínimo. El falso suelo deberá soportar una carga total de 1200 kg/m², y cargas concentradas de 70 kg/cm².

El suelo forjado, deberá soportar sobrecargas uniformes de 200kg/m².

La utilización de un falso suelo tiene indudables ventajas, tanto para la instalación eléctrica como para la de aire acondicionado. Este falso suelo deberá ser limpiado mediante aspiración.

Recomendaciones de uso de la sala.

Las siguientes recomendaciones pueden ayudar a minimizar los problemas derivados del uso de la sala.

- Minimizar el tráfico de personal.
- No superar la temperatura de 21°C
- No se debe permitir comer, beber o fumar.
- No se deben guardar papeles, cartones o embalajes en la sala.
- Situar todas las impresoras fuera de la sala de ordenadores.
- Situar los equipos de cintas y discos fuera del alcance de fuentes de calor y de la exposición directa del sol.
- Guardar el material sensible en cámaras ignífugas.

Aire Acondicionado.

El equipo de aire acondicionado encargado de mantener la temperatura en la sala de ordenadores, no debe estar conectado a la línea de alimentación eléctrica del ordenador.

Las especificaciones de temperatura del sistema de aire acondicionado son las siguientes:

- Temperatura de 18 a 24° C (nominal 21°C)
- Variación de temperatura de 3° C /hora, como máximo.
- Humedad relativa del 40% al 60% (nominal 50%)
- Variación de humedad relativa 6% / hora como máximo.

Para eliminar la contaminación por entrada de polvo, se aconseja que el sistema de aire esté presurizado, es decir, que la sala tenga una sobrepresión respecto al exterior.

5. Suministro Eléctrico.

Para lograr un buen funcionamiento ininterrumpido del sistema, el suministro eléctrico debe reunir una serie de características:

- Se instalarán al menos dos tomas de corriente de 220V libres y próximas al ordenador destinadas al servicio de mantenimiento.
- Se deberá comprobar que las diferentes fases están equilibradas.
- Es recomendable la instalación de sistemas automáticos de alarma y desconexión.
- La instalación deberá ajustarse al reglamento de BT.

Toma de Tierra

El sistema deberá estar unido a la tierra del edificio en un solo punto y con la menor impedancia posible. (La impedancia del conjunto no debe superar los 10 Ω).

Cuadro Eléctrico

El cuadro eléctrico debe ser exclusivo para los equipos informáticos.

Distribución

Los cables de alimentación serán de tipo industrial y su sección será calculada de acuerdo con la potencia total del equipo. En cualquier caso, no podrá ser inferior a 3 x 2'5 mm², en monofásico, y 5 x 2'5 mm² en trifásico.

Interferencias

La electricidad estática puede provocar la aparición de interrupciones en el normal funcionamiento del sistema así como el deterioro de la información o del propio equipo.

Los siguientes factores pueden favorecer o producir la aparición de electricidad estática:

- Moqueta.
- Suelo excesivamente encerado.
- Ambientes excesivamente secos.

En líneas generales, se recomienda que los sistemas estén instalados en áreas cuyo campo electromagnético no sea superior a 2 V/m para frecuencias comprendidas entre 10 kHz y 1GHz.

