

Calidad de la Energía Eléctrica

Manuel Pérez Donstón

Universidad de Vigo



CAPÍTULO 4

Variaciones lentas de tensión

4.1. DEFINICIÓN

La energía eléctrica desde su origen hasta los centros de distribución de consumo sufre un proceso de transporte, en este proceso la tensión está sujeta a una serie de alteraciones en su amplitud, un caso particular en estas alteraciones de la amplitud la conocemos como variaciones lentas de tensión, cuya definición damos seguidamente.

Las variaciones lentas de tensión son las alteraciones de la amplitud de la onda de tensión suministrada, respecto a su valor nominal, durante un tiempo relativamente prolongado (>10 s).

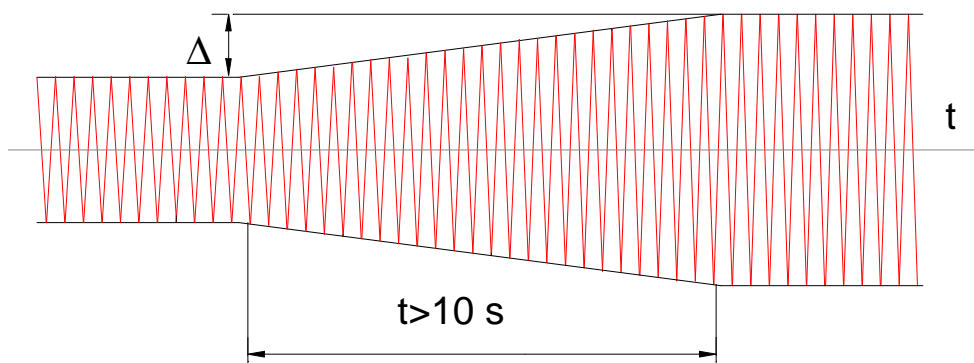


Figura 4.1. Variación lenta de tensión

En una variación de tensión, se encuentra:

- Un valor de tensión inicial.
- Un valor de tensión final.
- Una duración, o tiempo transcurrido en pasar del valor inicial al final.

En otras palabras, amplitud y duración son los parámetros característicos de una variación de tensión. Se considera una variación lenta de tensión a aquella cuya duración es superior a 10 segundos.

Estas variaciones lentas de tensión deben distinguirse de las fluctuaciones de tensión, que se verán en el capítulo 5, la diferencia estriba en que, en estas últimas, la duración va desde varios milisegundos hasta los 10 segundos.

En una red eléctrica ideal, la tensión de suministro debería tener un valor concreto y constante igual al de la tensión nominal. Sin embargo, en la práctica, no hay redes ideales, por lo que la tensión de servicio puede presentar valores diferentes en un periodo de tiempo determinado, si bien cabe esperar que éstos se encuentren casi siempre dentro de unos márgenes razonables de variación respecto de la tensión nominal.

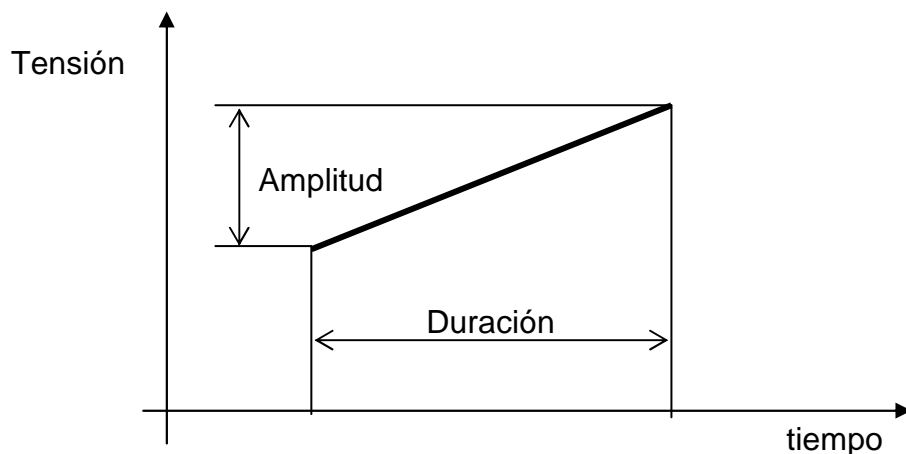


Figura 4.2. Parámetros característicos de una variación lenta de tensión

4.2. VALORES DE REFERENCIA Y LÍMITES

Los valores de referencia según la normativa técnica para baja tensión son:

- Tensión nominal (BT):
- 230 V entre fases para sistemas a tres hilos en sistemas trifásicos.
- 230 V entre fase y neutro, y 400 V entre fases, para sistemas a cuatro hilos en sistemas trifásicos.

En lo referente a la variación de tensión, en condiciones normales de funcionamiento, se recomienda que la tensión en los terminales de suministro no difiera de la nominal en más de $\pm 10\%$.

La tensión nominal existente hasta el año 2003, 220/380V, ha evolucionado hacia un valor estándar de 230/400 V.

Según la norma UNE-EN 50160, reflejo de la norma europea EN 50160, en condiciones normales de operación, los valores eficaces de la tensión de alimentación medida en períodos de 10 minutos deben situarse en los intervalos siguientes:

- ⚡ $U_n \pm 10\%$ durante el 95% de una semana
- ⚡ $U_n +10\% / -15\%$. durante el 100% de una semana

En España, el Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, fijaba un margen admisible del $\pm 7\%$ respecto de la tensión nominal.

Asimismo, según el Real Decreto 1955/2000, los límites máximos de variación de la tensión de alimentación a los consumidores finales serán de $\pm 7\%$ de la tensión de alimentación declarada.

En media tensión (MT) se sustituye el concepto de tensión nominal por el de tensión declarada, aplicándose los mismos márgenes de variación que para BT.

Desde el punto de vista técnico, un receptor que cumpla las normas CEI 38, CENELEC HD 471 S1 y UNE 21-127 debe funcionar correctamente dentro de los márgenes indicados.

4.3. CAUSAS QUE LAS ORIGINAN

Para el análisis de las causas que originan las variaciones lentas de tensión, es útil determinar los factores de los cuales depende el valor de la tensión de una red, para lo cual se representa en la figura 4.3. el esquema Thévenin equivalente de un sistema de distribución.

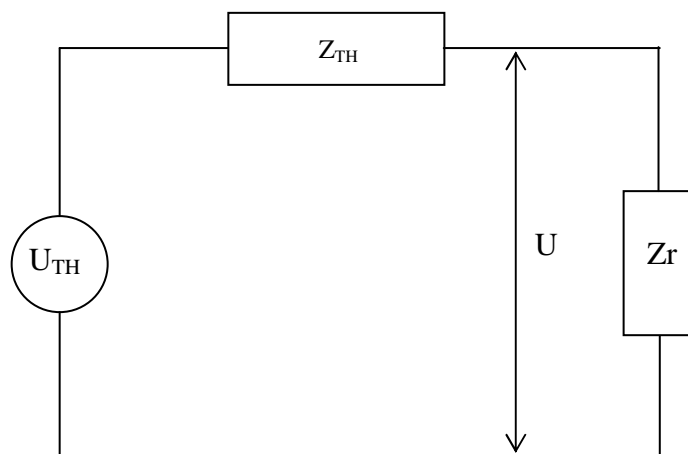


Figura 4.3. Esquema equivalente de un sistema de distribución

A partir del circuito equivalente de la figura 4.3., se puede deducir la expresión (4.1), que relaciona la tensión que se pretende estudiar (U) con la impedancia del conjunto de la carga (Z_r), la impedancia de la línea (Z_{th}) y la tensión de la fuente inicial (U_{th}).

$$U = \frac{Z_r}{Z_r + Z_{th}} \cdot U_{th} \quad (4.1)$$

En consecuencia, el valor de la tensión U en el receptor depende de los siguientes factores:

- La tensión del generador (U_{th}).
- La impedancia en serie de la red (Z_{th}).
- El valor de la impedancia del receptor (Z_r).

De todos los factores que influyen en las variaciones de tensión, el más importante es la impedancia del receptor, que depende a su vez de la carga conectada. Esta puede variar por diversas razones, entre las cuales cabe destacar las siguientes:

- El consumo de energía no se realiza de forma constante. A lo largo del día, hay períodos de consumo intenso, a los que se denomina "**horas punta**", y periodos de bajo consumo, a los que se llaman "**horas valle**".
- Los receptores no son iguales y sus diferencias condicionan así mismo las características del consumo. Así, no es lo mismo que el consumo se concentre en una zona con una importante componente industrial, a que lo haga en una mayoritariamente residencial.
- La variación del consumo en un tiempo determinado recibe el nombre de curva de carga. Las variaciones de tensión se encuentran estrechamente ligadas a ella, de forma que es de esperar que la tensión de la red sea mayor en los momentos de bajo consumo, que en los de alto.

Si se parte de un conjunto de valores de tensión y tiempo, la evolución de una variación lenta de tensión en un receptor puede presentar el aspecto de la gráfica de la figura 4.4.

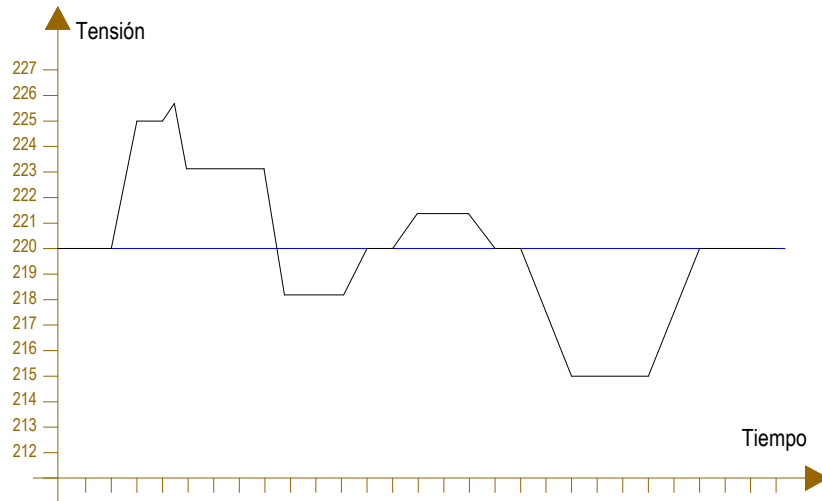


Figura 4.4. Estados de funcionamiento de un receptor

Como se puede ver en la gráfica de la figura (4.4.), los valores correspondientes a cada instante de tiempo se enlazan entre sí formando un perfil de tensiones en el que cada punto representa el valor real de la tensión en el instante de realizar la medida.

4.4. EFECTOS QUE PRODUCE

Un receptor al estar sometido a una variación lenta de tensión puede pasar de un estado de funcionamiento normal a un estado anómalo, no funcionamiento o avería. Los tres primeros estados pueden alternarse evolucionando entre si, pero en el estado de avería es fijo y ha de recurrirse a una reparación, en el caso que sea posible, para poder tener un funcionamiento normal.

Tomando como referencia la tensión nominal pueden darse dos casos de variaciones de tensión:

- Variaciones que se sitúen por debajo de la tensión nominal.
- Variaciones que se sitúen por encima de la tensión nominal.

4.4.1. Efectos de una tensión baja.

Con una tensión menor a la nominal la mayoría de los receptores pasan de un estado de funcionamiento normal a uno anómalo o a uno de no funcionamiento, recuperando el estado normal cuando el valor de la tensión vuelve a situarse dentro de los márgenes de tolerancia.

Por lo cual, en la mayoría de los casos, los efectos no suelen ser perjudiciales, aunque si pueden serlo en algunos casos. Algunos de los efectos causados por una tensión baja son:

- Si en el momento de arranque de un motor la tensión es baja, este no podrá arrancar, debido a que, con una tensión baja el par de arranque no es suficiente para vencer el par mecánico que requiere el eje para iniciar el giro, con lo cual el motor sufrirá un calentamiento que podría provocar una avería.
- En caso de tensión baja las lámparas de descarga pueden llegar a no cebarse en el momento de la conexión, permaneciendo apagadas. Si se encontraran encendidas podrían apagarse y no se encenderían hasta que la tensión volviera a los límites de funcionamiento.
- En las lámparas incandescentes, se observa una disminución en la intensidad lumínica.
- Los contactores o relés pueden producir actuaciones incorrectas, afectando al progreso que estén controlando.

4.4.2. Efectos de una tensión alta.

Una tensión alta produce, fundamentalmente, un efecto de calentamiento de los receptores. En determinadas circunstancias, este calentamiento puede ocasionar la avería de los equipos si se supera el límite térmico que toleran.

Es más difícil detectarla, ya que los receptores no dejan de funcionar instantáneamente y no es fácil apreciar de inmediato su sobrecalentamiento.

4.5. MÉTODOS DE CORRECCIÓN

Los factores que influyen en las variaciones lentas de tensión se deben por una parte a las características propias de la red y por otra a los receptores conectados a ella, por lo tanto las correcciones de esta perturbación podrán ser resueltas tanto, en parte, por las compañías suministradoras de energía eléctrica como por los clientes.

Como medida preventiva, las compañías suministradoras deben de hacer un correcto diseño de las instalaciones de distribución, puesto que la impedancia de la red Z_{th} tiene su origen en el material utilizado, tipo, longitud, sección de los cables, transformadores, etc.

Otras medidas adicionales que pueden adoptar las compañías para mantener la tensión dentro de los límites, es la utilización correcta de los reguladores de tensión AT/MT en los transformadores correspondientes, y la toma adecuada de tensión en los conmutadores de los transformadores de MT/BT.

Cualquier medida que se adopte en una instalación o en los receptores conectados a la misma para que su funcionamiento sea satisfactorio en el entorno considerado debe ser tratada desde dos puntos de vista:

- Desde el punto de vista de la emisión de perturbaciones: Las medidas se refieren incorporar los dispositivos adecuados para que los equipos emitan perturbaciones por debajo de límite a partir del cual pueden afectar al funcionamiento de otros receptores situados en su entorno.
- Desde el punto de vista de inmunización frente a perturbaciones: El cumplimiento de la CEM exige que los equipos funcionen correctamente y sin sufrir deterioro hasta unos determinados niveles de perturbación. Las medidas consisten en incorporar los dispositivos necesarios para que dichos equipos sean inmunes a esos niveles de CEM.

4.5.1. Sistemas de corrección.

Algunos de los dispositivos que se describirán seguidamente, pueden corregir simultáneamente varios tipos de perturbaciones; por ello, se distingue entre dispositivos “específicos” y dispositivos “universales”. Como sistemas específicos para las variaciones lentas de tensión se pueden utilizar los siguientes:

- Reguladores de tensión: su función es reducir los márgenes de variación del valor eficaz de la tensión de alimentación del receptor.

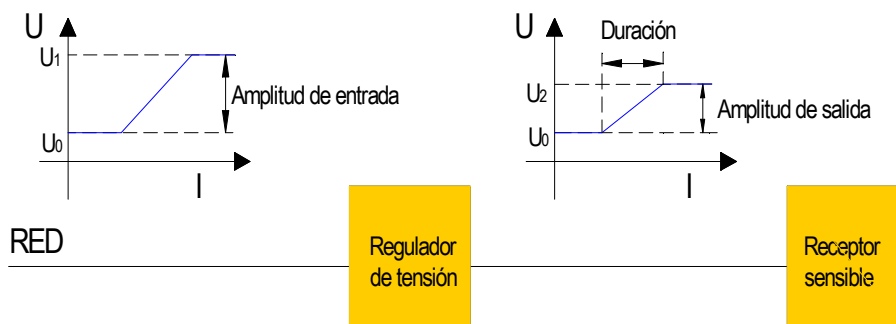


Figura 4.5. Reguladores de tensión.

El tiempo de respuesta del regulador, dependerá de la tecnología utilizada y será menor si el regulador está controlado electrónicamente (tiristores, triacs, etc.).

Con los reguladores de tensión, se pueden lograr reducciones del margen de variación de entrada de un 15%, a valores comprendidos entre el 3% y el 7%.

- Autotransformador regulado: en este sistema la variación de la relación de transformación a través del circuito de control permite mantener la tensión de salida U_2 prácticamente constante cuando la tensión de alimentación varía.

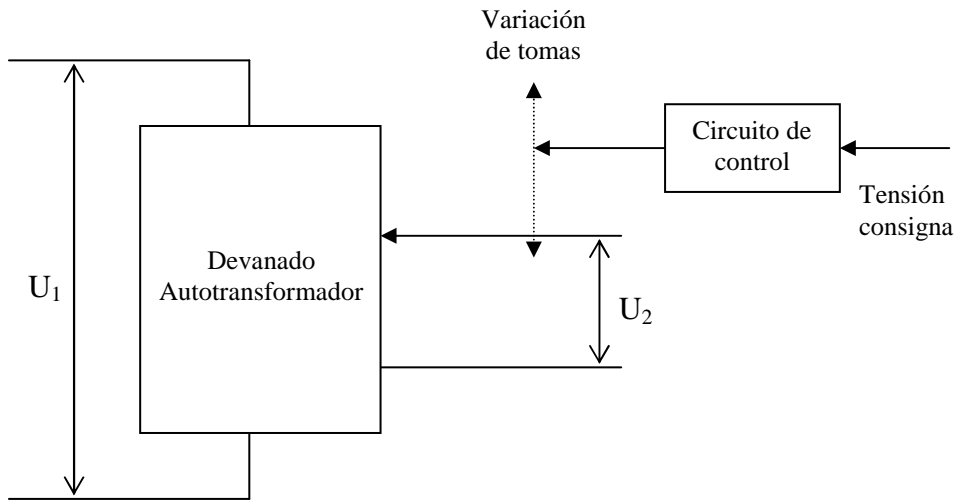


Figura 4.6. Autotransformador regulado.

- Conjunto motor-generador: su función es alimentar el receptor sensible desde un generador que mantiene su tensión constante.

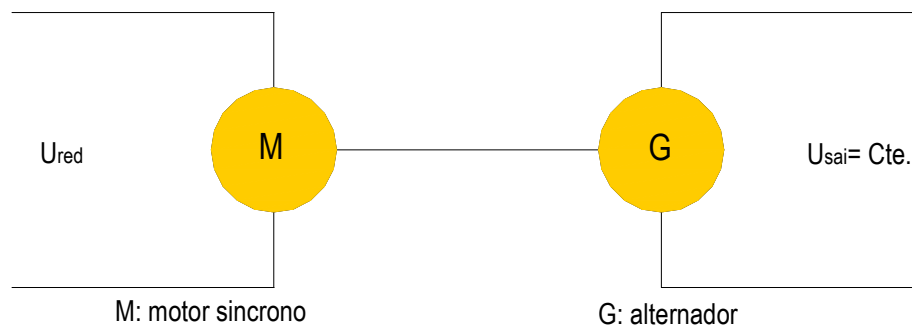


Figura 4.7. Motor-generador.

Las variaciones del valor eficaz de la tensión de la red son absorbidas por el motor síncrono, que mantiene un par y una velocidad constantes, absorbiendo más o menos corriente de la red. Su acoplamiento con el alternador hace que éste pueda regularse para mantener su tensión de salida constante.

4.6. MEDIDA

La medida, según la IEC 61000-4-30 (Clase A)

La medida se realizará del valor eficaz de la tensión sobre un intervalo de tiempo de 10 ciclos, en sistemas de 50 Hz o sobre un intervalo de tiempo de 12 ciclos, en sistemas de 60 Hz. Cada intervalo de 10/12 ciclos será continuo y sin solapamiento.

La exactitud en la medida para equipos de clase A debe ser del $\pm 0,1\%$ de la tensión declarada de entrada (tensión declarada, a la salida del transductor de medida).

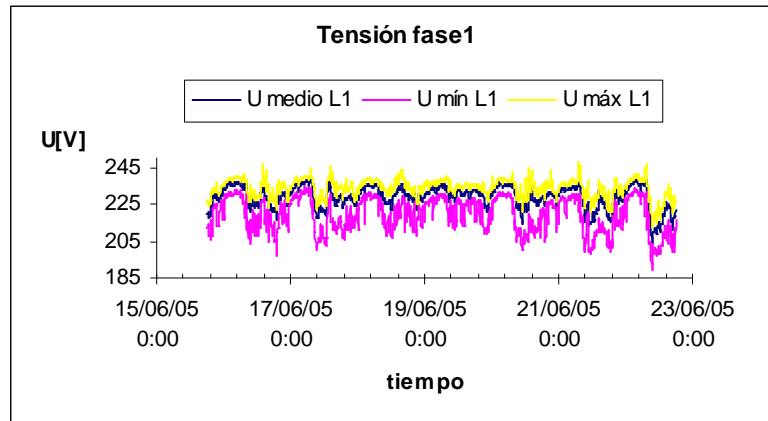


Figura 4.8.- Representación de la variación de tensión medida en una fase de una empresa de artes gráficas