

REACTANCIAS

Son dispositivos limitadores y estabilizadores de la corriente de arco o de lámpara, que impiden que dicha corriente crezca indefinidamente hasta la destrucción de la propia lámpara. Comprenden dos grandes grupos: las reactancias electromagnéticas y las electrónicas, cuyos tipos más utilizados son los siguientes:

- Reactancia en serie de tipo inductivo
- Reactancia en serie de tipo inductivo para dos niveles de potencia
- Reactancia autorreguladora
- Reactancia autotransformadora
- Reactancia electrónica

Aun cuando la reactancia en serie de tipo inductivo es la más utilizada, proporciona una baja regulación de corriente y de potencia frente a las oscilaciones de la tensión de la red de alimentación, por lo que su uso será adecuado siempre que dicha tensión no fluctúe más del 5%. Cuando se prevean variaciones constantes o permanentes a lo largo del tiempo superiores en la tensión de la red, resultará idónea la instalación de reactancias en serie de tipo inductivo con dos tomas de tensión, conectando la más conveniente. Si dichas oscilaciones de tensión son variables en el tiempo, bien durante las horas de encendido diario, a lo largo del fin de semana o bien estacionales, será adecuado utilizar reactancias autorreguladoras, electrónicas, o mejor, un sistema de estabilización de tensión en cabecera de línea.

Características de las reactancias

Las reactancias deberán cumplir unas determinadas exigencias básicas referentes a las calidades y tipos de materiales utilizados en los aislamientos, bobinados y núcleos. Su idónea construcción garantizará la protección contra contactos eléctricos y el correcto funcionamiento de las lámparas a las que se asocia. Además se adecuarán a concretas especificaciones térmicas, geométricas, etc., ajustándose en todo momento a las exigencias de las normas UNE - EN de seguridad y aptitud a su función, números 60.920 y 60.921 para lámparas tubulares fluorescentes, 60.922 y 60.923 para lámparas de descarga, 60.924 y 60.925 en el caso de reactancias electrónicas para tubos fluorescentes en corriente continua, así como 60.928 y 60.929 en corriente alterna y, por último, 60.968 y 60.969 para lámparas fluorescentes con reactancia propia.

Reactancias electrónicas

La reactancia electrónica es un dispositivo compacto que realiza las funciones del equipo auxiliar y, por tanto, sustituye a la electromagnética, al condensador y al arrancador en las lámparas de sodio a alta presión.

La reactancia electrónica estabiliza la potencia en lámpara y, consecuentemente, el consumo, frente a variaciones de tensión comprendidas entre 180 y 250 V. Como resultado, al estabilizar la potencia, alarga la vida media de la lámpara, lo que implica una ventaja sobre las electromagnéticas. Por el contrario, las electrónicas son equipos más sensibles y menos robustos que las electromagnéticas.

En las condiciones de funcionamiento normal las pérdidas propias de la reactancia electrónica no superan el 4 ó 5% de la potencia eléctrica consumida en lámpara, lo cual resulta ventajoso frente al consumo real del equipo auxiliar (reactancia electromagnética, condensador y arrancador) que oscila entre un 9,3 y un 27,5% de la potencia nominal de la lámpara.

EL inconveniente de las reactancias electrónicas frente a las electromagnéticas, dada su mayor sensibilidad, es la especial protección que debe tenerse en cuenta frente a las tormentas entre nubes y tierra con descargas eléctricas, elevadas temperaturas, y todas las perturbaciones eléctricas que suelen sufrir las redes de distribución.

CONDENSADORES

En equipos para lámparas de descarga el condensador deberá ir asociado a la reactancia, bien en paralelo con la red de alimentación para corregir el factor de potencia, o bien instalado en serie con la reactancia y la lámpara, sirviendo como elemento regulador de corriente y compensación, como ocurre con las reactancias autorreguladoras.

Generalmente las reactancias electrónicas no requieren dispositivos adicionales para la corrección del factor de potencia, al incluir un circuito electrónico diseñado a tal efecto.

Características de los Condensadores

Todos los condensadores deberán cumplir unas determinadas especificaciones básicas, eléctricas, térmicas, de terminales para el conexionado y geométricas. Estos se adecuarán a lo exigido en las normas UNE-EN 61.048 y 61.049 relativas a condensadores para utilización en los circuitos fluorescentes tubulares y otras lámparas de descarga.

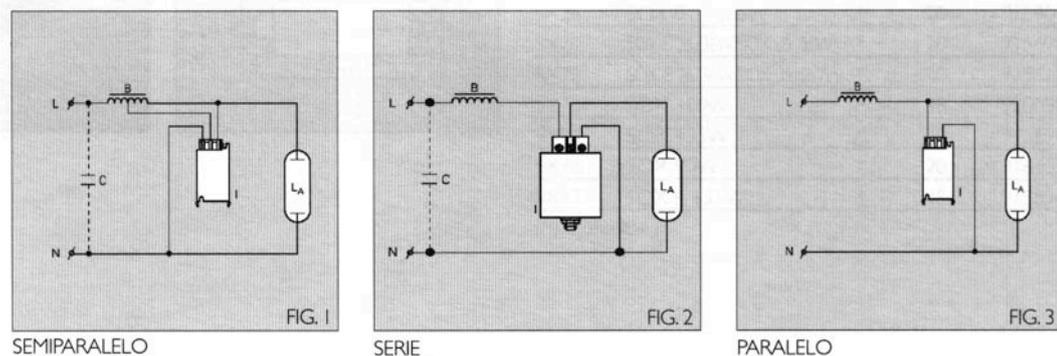
ARRANCADORES

El arrancador es un dispositivo eléctrico, electrónico o electromecánico que por sí mismo o en combinación con la reactancia, genera y superpone a la tensión de la red el impulso o los impulsos de alta tensión necesarios para el cebado o encendido de la lámpara.

Los tipos de arrancadores para lámparas de descarga, excepto las lámparas fluorescentes tubulares, son los siguientes:

- En serie con la lámpara (de impulsos independientes)
- En semiparalelo (de impulsos dependientes del balasto al que va asociado)
- En paralelo (independiente de dos hilos)

En el caso de lámparas fluorescentes tubulares se instalarán cebadores, ya sean de efluvios o electrónicos.



Diversas formas de conectar los equipos auxiliares.
B es la reactancia, I el arrancador, C el condensador y L_A la lámpara.

Características de los arrancadores

En lo que respecta a las prescripciones generales y de seguridad, así como prescripciones de funcionamiento, los arrancadores y cebadores, excepto los de efluvios, se ajustarán a lo exigido en las normas UNE-EN 60926 y 60.927, mientras que los cebadores de efluvios para lámparas fluorescentes tubulares cumplirán lo establecido en la norma UNE-EN 60.155.

1.2.2.2 Lámparas

Las lámparas utilizadas en alumbrado público deben caracterizarse por ciertas cualidades que vienen impuestas por las exigencias específicas de funcionamiento. Las dos características esenciales son las siguientes:

- 1- Eficacia luminosa: una eficacia luminosa elevada disminuye a la vez los costes de instalación (potencia instalada) y los gastos de explotación o funcionamiento (energía consumida).
- 2- Duración de la vida económica: definida como la duración de vida óptima desde el punto de vista de su coste de funcionamiento (el precio más bajo del lumen hora). Esta duración depende de un cierto número de factores:
 - La duración de la vida real de las lámparas en las condiciones de utilización y de instalación.
 - El flujo luminoso de la lámpara y su evolución en el transcurso del tiempo
 - Factores económicos como el precio inicial del a lámpara y su coste de instalación y de reemplazamiento.

Además deben considerarse otros parámetros de menor importancia para las instalaciones de alumbrado público:

Temperatura de color: color de la luz emitida por la lámpara

- Cálido: aspecto blanco-amarillento $T_c \leq 3300$ K
- Intermedio: apariencia blanco-neutro 3300 K $< T_c \leq 5300$ K
- Frío: tonalidad blanco-azulado $T_c > 5300$ K

Rendimiento de color: o capacidad de reproducción cromática, es una característica esencial en el alumbrado interior, pero no en alumbrado público, en la mayoría de los casos. En el alumbrado ornamental sí debe tenerse en cuenta el rendimiento de color.

TIPOS Y PARÁMETROS SIGNIFICATIVOS DE LAS LÁMPARAS

Los tipos de lámparas utilizadas en instalaciones de alumbrado público, en el orden de aparición en el mercado, son los siguientes:

1. Lámparas fluorescentes
2. Lámparas de vapor de mercurio a alta presión
3. Lámparas de vapor de sodio a baja presión
4. Lámparas de vapor de sodio a alta presión
5. Lámparas de mercurio con halogenuros metálicos
6. Lámparas de descarga por inducción

CRITERIOS DE ELECCIÓN DE LÁMPARAS

Se recomienda la utilización de lámparas del tipo de descarga, cuya elección deberá ser adecuada para lograr los fines previstos dentro de la economía disponible. En carreteras se utilizarán preferentemente lámparas de vapor de sodio a alta presión, debido a su adecuada eficacia luminosa (lm/W) y mejor rendimiento de color que las lámparas de vapor de sodio a baja presión, cuyo uso podría ser también recomendable en carreteras a campo abierto, zonas rurales y áreas que requieran alumbrado de seguridad. Asimismo, en determinados casos podrían emplearse lámparas de vapor de mercurio a alta presión, halogenuros metálicos, etc., adoptando las potencias idóneas para cada tipo de instalación. Todo ello de conformidad con la eficacia luminosa de las lámparas y sus parámetros significativos.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS LÁMPARAS NORMALIZADAS

A continuación se reflejan las Normas que especifican las características eléctricas a las que deberá acomodarse cada tipo de lámpara:

- Fluorescentes UNE-EN 60.081, UNE-EN 60.091, UNE-EN 60.968, UNE-EN 60.969
- Vapor de Mercurio a Alta Presión UNE-20.354
- Vapor de Sodio a Baja Presión UNE-EN 60.192
- Vapor de Sodio a Alta Presión UNE-EN 60.662
- Halogenuros Metálicos UNE-EN 61.167

En lo que respecta a las características eléctricas de las lámparas normalizadas, características fotométricas, colorimétricas, de duración y seguridad, así como el control de la calidad de las lámparas, se estará a lo dispuesto en las "Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles" del Ministerio de Fomento 1999.

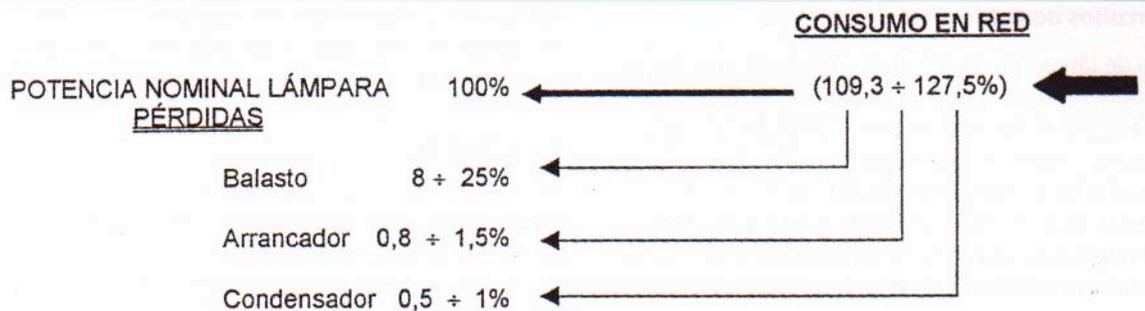
ALARGAMIENTO DE LA VIDA DE LAS LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN

Durante la vida de la lámpara de sodio a alta presión aumenta su tensión de arco sobre el valor inicial hasta que alcanza valores en torno a 140 V, para los cuales la lámpara deja de ser estable, produciéndose apagados intempestivos de la misma: la lámpara se considera agotada. Para alargar la vida útil de las lámparas de vapor de sodio a alta presión hay que limitar el crecimiento de la tensión de arco de la lámpara, lo que requiere considerar lo siguiente:

Eficiencia energética del equipo auxiliar

En los equipos auxiliares (reactancia, condensador y arrancador) necesarios para el funcionamiento de las lámparas, se generan pérdidas que, en las reactancias electromagnéticas estándar oscilan entre el 8 y 25% de la energía total consumida. A ello hay que añadir las pérdidas que corresponden al condensador, que oscilan entre un 0,5 y un 1%, y las que son achacables al arrancador que varían entre un 0,8 y un 1,5%.

Si se efectúa una estimación ponderada en función del tipo de alumbrado, potencia utilizada y componentes del equipo auxiliar, el consumo real de potencia en la red, debido a las pérdidas originadas por dicho equipo, supone entre un 9,3% y un 27,5% de la potencia nominal de la lámpara, tal y como se representa en la figura siguiente (donde dice 'balasto' quiere decir 'reactancia'):



Reactancia

En el caso de instalar una reactancia de tipo electromagnético, su impedancia será lo más ajustada posible a la nominal y con buena regulación, de forma que su característica deberá estar dentro de los límites de trabajo establecidos para cada lámpara.

Luminaria

Como consecuencia de la situación de la lámpara encerrada en el interior de la luminaria entre el reflector y el cierre, se origina un aumento de la temperatura de la lámpara y de la tensión de arco en la misma. Las normas EN 60.662 y CEI-662 establecen como máxima una elevación de dicha tensión de 5 V para la lámpara de 150 W, 10 V para la de 250 W y 12 V

para la de 400 W y hasta 20 V para lámpara de 1000 W.

La instalación de lámparas de potencias superiores a las nominales para las que se han diseñado las luminarias aumenta la temperatura y tensión de arco de la lámpara considerablemente, acortándose la vida útil de la misma.

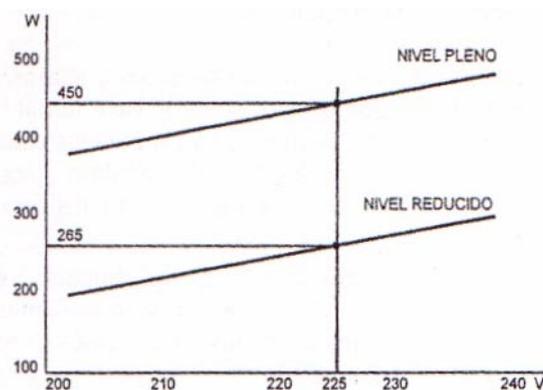
Posición de lámpara respecto al reflector

Debe cuidarse la posición de la lámpara con relación al reflector, al objeto de evitar la concentración por reflexión de la energía emitida por la propia lámpara sobre ella misma, lo cual aumenta su temperatura y con ello la tensión de arco, en perjuicio de su vida útil, pudiéndose llegar incluso a su destrucción.

Tensión de la red

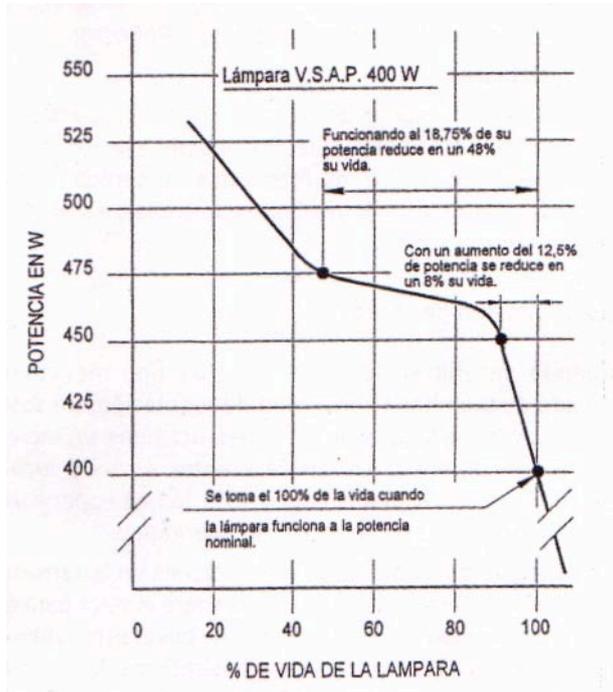
Cuando se utilizan reactancias en serie de tipo inductivo (habituales), que tienen limitada capacidad de regulación, un 10% de aumento de la tensión de la red ocasiona un incremento de potencia en lámpara entre el 20 y 25%, pudiéndose alcanzar incluso un 30%, lo que supone un considerable exceso de consumo energético.

Es deseable que no existan desviaciones en la tensión de alimentación superiores a un 5% sobre el valor para el que está prevista la reactancia. Se puede paliar este problema exigiendo a las empresas suministradoras de energía eléctrica el control de la tensión de la red, como mínimo a los valores establecidos en la reglamentación vigente ($\pm 7\%$ de la tensión nominal).



A pesar de ello, y dado lo amplio del margen permisible, resulta adecuado instalar bien reactancias en serie de tipo inductivo con dos tomas de corriente y utilizar aquella más adecuada a la efectiva tensión de la red, o bien implantar reactancias autorreguladoras, que pueden ser electrónicas. Lo mejor, sin embargo, es instalar estabilizadores de tensión en cabeza de las líneas eléctricas de alimentación.

En la figura adjunta puede comprobarse el efecto sobre la potencia en lámpara de la sobretensión en la red, de forma que en el caso de una lámpara de 400 W a nivel de pleno funcionamiento y 220 V de tensión nominal, una tensión de 225 V y origina una sobrepotencia de 50 W.

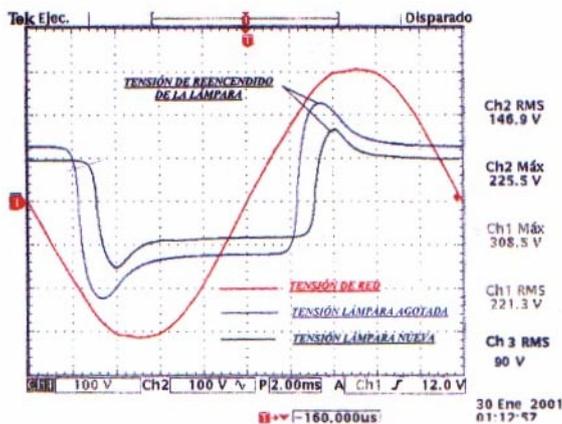


Asimismo, en la figura siguiente, para la misma lámpara de 400 W y 220 V, se representa la influencia de los excesos de potencia sobre la vida media de la lámpara.

Tensión de arco de la lámpara

Las normas EN 60.662 y CEI-662 sobre lámparas de vapor de sodio alta presión admiten una tolerancia de ± 15 V sobre la tensión de arco establecida, lo que supone un 30% de margen en el caso de lámparas de 150 y 250 W. Esto, en principio, parece excesivo, ya que si la tensión nominal de arco es de 100 V, que se admitan como válidas tensiones entre 85 y 115 V con una diferencia de 30 V, parece implicar repercusiones negativas en la vida útil de las lámparas. Y en efecto es así: dejando aparte las instalaciones con doble nivel de flujo luminoso, que se verán más adelante, como máximo resulta aconsejable admitir una tolerancia de ± 10 V.

Las lámparas, a lo largo de su vida útil, sufren un envejecimiento natural, que se manifiesta en incrementos de la tensión de arco, a la vez que una disminución del desfase entre la tensión de arco y la tensión de red, tal y como se representa en la figura adjunta, obtenida mediante ensayos en el Laboratorio Oficial del Ayuntamiento de Zaragoza acreditado por ENAC.



Cuando a tensión de reencendido de la lámpara iguala o supera el valor instantáneo correspondiente en la tensión de red, se produce la extinción del arco de la lámpara y se alcanza el final de la vida útil de la misma que pasa a ser una 'lámpara agotada'.

PARTICULARIDADES DE LAS LÁMPARAS DE HALOGENUROS METÁLICOS

Aún cuando sus condiciones de funcionamiento son similares a las lámparas de vapor de mercurio, la adición de los halógenos hace necesaria una tensión de encendido elevada, por lo que necesitan, salvo raras excepciones, de un arrancador que proporcione tensiones de pico entre 0,8 y 5 kV. Estas lámparas reúnen unas determinadas particularidades cuyo conocimiento evita posibles problemas. Dichas particularidades se describen a continuación:

Temperatura de color

Por la propia naturaleza de estas lámparas y al objeto de evitar una apariencia cromática dispar, que resulte desagradable para la visión, se hace necesario controlar su temperatura de color. Para ello es conveniente exigir una tolerancia máxima de un $\pm 5\%$ en a temperatura de color

Posición de funcionamiento

Para lograr el rendimiento previsto de la lámpara es importante tener en cuenta la posición de funcionamiento de la misma, ya que son más sensibles que otras lámparas de descarga y deben respetarse los condicionamientos establecidos por los fabricantes para cada caso concreto.

Tensión de la red

Estas lámparas se ven más afectadas por las variaciones de la tensión de la red que otras de descarga, no debiendo diferir en más de un 5% del valor nominal de red, ya que además de actuar de forma negativa sobre la vida de la lámpara, acortando su duración, varía el rendimiento de color de la misma, lo cual es grave dado que dicho parámetro es un factor fundamental en la elección de este tipo de lámparas. Por ello, si se prevén tensiones distintas de 220 ó 230 V, deben instalarse reactancias para esa tensión de red, o bien reactancias bitensión, o incluso electrónicas. Pero siempre resulta preferible, como se dijo antes, un sistema de estabilización de tensión en cabeza de las líneas de alimentación.

Este tipo de lámparas no puede utilizarse en sistemas de doble nivel de potencia para ahorrar energía: reducir la intensidad de arco origina el descenso de la temperatura y presión en el tubo de descarga, dando lugar a un acortamiento en la vida útil de la lámpara y una disminución del rendimiento de color de la misma, así como posibles cambios irreversibles en la temperatura de color

Reactancia y arrancador

Dado el efecto rectificador que suelen producir las lámparas, de forma transitoria en el encendido y de forma permanente al final de su vida, conviene dimensionar de forma idónea las reactancias y adoptar determinadas precauciones en los arrancadores de tipo independiente a instalar. Para su protección es recomendable colocar en el circuito de la lámpara un disyuntor térmico.

Luminaria

La temperatura idónea que debe alcanzar la lámpara es aproximadamente de 150 °C, por lo que resulta conveniente el uso de luminarias cerradas, al objeto que pueda alcanzarse dicha temperatura y se evite su enfriamiento, de forma que la lámpara pueda proporcionar las prestaciones adecuadas.

Fabricante de la lámpara

Como no existe normativa para toda la gama de este tipo de lámparas, para una misma potencia los distintos fabricantes ofertan características eléctricas diferentes. Por ello deben tenerse en cuenta los parámetros de cada lámpara para instalar la reactancia y arrancador adecuados.

1.2.3 Sistemas de gestión de las instalaciones de alumbrado público

1.2.3.1 *Sistemas de encendido y apagado*

Los ciclos de funcionamiento de las instalaciones de alumbrado público vienen determinados por el encendido y apagado de las instalaciones, así como por la reducción del nivel luminoso a altas horas de la madrugada.

El encendido y apagado de las instalaciones debe efectuarse adecuadamente, sin que se adelante el encendido ni se retrase el apagado, de forma que el consumo energético sea el estrictamente

necesario.

Además de los sistemas de gestión centralizada que no se incluyen aquí, el encendido y apagado de las instalaciones se lleva a cabo mediante interruptores crepusculares, interruptores astronómicos o ambos.

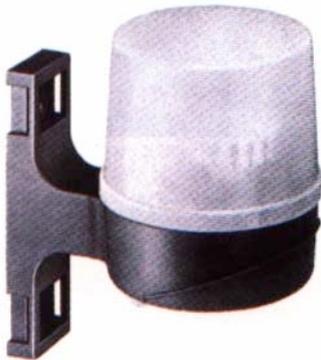
INTERRUPTOR CREPUSCULAR

El interruptor crepuscular genera las órdenes de maniobra en función de la luminosidad ambiental, al estar constituido por una célula fotoeléctrica que detecta la cantidad de luz natural que existe en una determinada ubicación geográfica, transformando las variaciones de luminosidad en modificaciones de parámetros eléctricos, como pueden ser tensión, intensidad o resistencia.

Al comparar los parámetros eléctricos con un valor de referencia o umbral, y cuando el valor medido es diferente al de referencia, se acciona un contactor que enciende, bien el punto de luz, o la instalación de alumbrado, apagándose la misma cuando el valor medido es asimismo distinto al de referencia o umbral.

El sistema de interruptor crepuscular está provisto de una temporización o histéresis en la conmutación que permite eliminar fallos de encendidos o apagados debidos a fenómenos meteorológicos transitorios, tales como el paso de nubes u otros objetos que obstruyan la llegada de la luz solar.

Aun cuando este sistema puede ser de utilización individual, normalmente su uso es global, situándose la célula cerca del armario de mando para accionar el encendido y apagado de un cuadro de alumbrado para todo un sector.



Interruptor crepuscular



Interruptor astronómico

INTERRUPTOR ASTRONÓMICO

Es un programador electrónico - digital diseñado para la maniobra automática de encendido y apagado de las instalaciones de alumbrado público.

El reloj horario astronómico se basa en el cálculo de los ortos y ocasos en función de la longitud y latitud donde está situada la instalación de alumbrado. Las fechas de cambio automático verano / invierno están programadas en la memoria.

En lo que concierne a la compatibilidad electromagnética, el interruptor horario astronómico debe cumplir la norma EN relativa a perturbaciones radioeléctricasy las normas UNE EN 60555.P2y UNE EN 61000.3.2 respecto a perturbaciones en redes (armónicos y límites), así como la norma UNE EN 61547 sobre requisitos de inmunidad. Asimismo deben ajustarse a la norma UNE EN 61038 sobre interruptores horarios.

1.2.3.2 Sistemas de regulación del nivel luminoso

Las instalaciones de alumbrado público están diseñadas de forma que durante las horas de tráfico intenso de vehículos y peatones, el nivel medio de iluminación tenga un valor suficiente para satisfacer las necesidades visuales, pero que después, es decir, durante la mayor parte del tiempo en la mayoría de los casos, proporcionen menor cantidad de luz, consumiendo menos energía y favoreciendo el ahorro en la instalación.

Para conseguir este ahorro energético hay otras alternativas: una técnica ya en desuso, pero muy simple, consistía en apagar alternativamente puntos de luz, o apagar los de un lado solo de la calzada. Ello se llevaba a cabo desconectando una o dos fases de la alimentación eléctrica trifásica, o instalando dobles circuitos eléctricos de alimentación por cada calle, o instalando luminarias bi-lámpara y apagando una de ellas mediante líneas de mando o dobles circuitos también. E incluso había sitios en los que el apagado se conseguía manualmente, mediante la retirada de los fusibles que, situados en la base de las columnas, protegen a la luminaria. Estos sistemas en la actualidad están prácticamente descartados, excepto quizá el sistema bi-lámpara, por cuanto se producen zonas oscuras que pueden afectar tanto a la visibilidad como a la seguridad, con unas uniformidades en la iluminación inaceptables.

Una mala uniformidad en la iluminación viaria implica una inversión del contraste positivo a negativo o viceversa, lo que supone la creación de zonas de invisibilidad con grave pérdida de la seguridad vial. Además, una deficiente uniformidad en el alumbrado, alternando zonas de la calzada con fuerte iluminación con otras con débil alumbrado, fatiga al conductor e influye negativamente sobre el deslumbramiento (no se garantiza la visibilidad de los obstáculos, disminuyendo considerablemente la seguridad de los usuarios, tanto de conductores como de peatones).

En la actualidad se han desarrollado sistemas que solucionan los citados inconvenientes y que tienen como finalidad común reducir simultáneamente el flujo emitido por todas las lámparas, disminuyendo el nivel de iluminación pero manteniendo la uniformidad de la misma.

Los tres sistemas de regulación del nivel luminoso son los siguientes:

- Reguladores - estabilizadores en cabecera de línea
- Reactancias en serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia
- Reactancias electrónicas para doble nivel de potencia

A la hora de establecer el porcentaje de ahorro energético proporcionado por los diferentes sistemas de regulación del nivel luminoso, deberán tenerse en cuenta:

- Las variaciones de tensión de la red
- El estado de las líneas eléctricas de alimentación de los puntos de luz: secciones, equilibrio de fases, armónicos, etc.
- El tipo de lámpara: vapor de sodio o vapor de mercurio.
- Las horas de funcionamiento: en el caso de las lámparas de vapor de sodio, los porcentajes de ahorro de energía no son constantes a lo largo de la vida de la lámpara, ya que cuanto mayor es la tensión de arco (lámparas más viejas) menor es el ahorro.

Con las salvedades reflejadas, y a título simplemente orientativo, con los sistemas de regulación del nivel luminoso y durante el período de funcionamiento de los mismos, se pueden alcanzar los siguientes ahorros:

SISTEMAS DE REGULACIÓN DEL NIVEL LUMINOSO.
AHORRO MÁXIMO DURANTE EL PERIODO DE FUNCIONAMIENTO DEL NIVEL O POTENCIA REDUCIDA

	Nivel máximo	Nivel reducido
Potencia absorbida de la red	100%	60-64%
Flujo luminoso de la lámpara	100%	45-55%
Ahorro obtenido	--	40-36%

Una instalación de alumbrado público, dependiendo de la latitud y longitud del lugar donde esté ubicada, permanece encendida en torno a 4000 horas al año, mientras que el tiempo de permanencia del nivel o potencia reducida es, como mínimo, de un 55%, lo que significa un total de horas anuales

de funcionamiento de dicho nivel reducido de al menos 2200. Por ello, el ahorro energético referido a la totalidad de las horas anuales de funcionamiento de las instalaciones de alumbrado es, como mínimo, un 55% del establecido en la tabla anterior. Es decir, el ahorro producido por los sistemas de regulación del nivel luminoso supone, como mínimo, entre un 20 y un 22% del consumo total anual de la instalación.

Pero en el ahorro deben considerarse otros factores tan importantes como la disminución del consumo de energía: debe considerarse la distinta velocidad de envejecimiento de la lámpara de descarga (especialmente la de vapor de sodio a alta presión), que al durar más gracias a ciertas ventajas de alguno de estos sistemas, reduce considerablemente los costes de mantenimiento.

REGULADORES ESTABILIZADORES EN CABECERA DE LÍNEA

Los reguladores estabilizadores en cabecera de línea estabilizan y reducen la tensión de alimentación al conjunto lámpara - reactancia, con lo que se obtienen disminuciones de potencia en torno al 40% para reducciones del flujo luminoso de la lámpara aproximadamente del 50%.



En la actualidad son equipos electrónicos estáticos, que actúan de forma independiente sobre cada una de las fases de la red, al objeto de estabilizar la tensión de cada una de éstas respecto al neutro común en el circuito de salida o utilización, y disminuir el nivel de dicha tensión a partir de la orden apropiada, para finalmente producir una reducción del flujo luminoso de la lámpara y el consiguiente ahorro energético.

Para tensiones de alimentación nominales al conjunto lámpara - reactancia de 220V, la reducción de tensión es a 175 V, pudiendo admitirse hasta 180 V y para el vapor de sodio a alta presión, y a 195 V para el vapor de mercurio a alta presión.

Se instalan en cabecera de línea, alojándose junto al armario de maniobra y medida, siendo muy importante que las líneas eléctricas estén bien dimensionadas (secciones adecuadas), para evitar apagados en los puntos de luz más alejados del regulador - estabilizador en cabecera, debidos a la caída de tensión en las líneas.

A la misión fundamental de estabilización y reducción de tensión, distintos fabricantes añaden diferentes funciones complementarias, como pueden ser curvas en rampa de distintas formas para el encendido en frío o en caliente, protecciones o dispositivos de seguridad, elementos de maniobra, medida, telecontrol, etc.

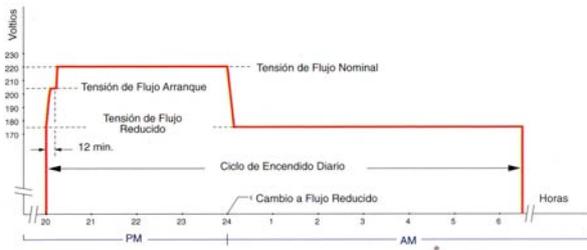


Figura 3: Curva régimen de arranque, normal y reducido hasta el amanecer del equipo ESDONI-N

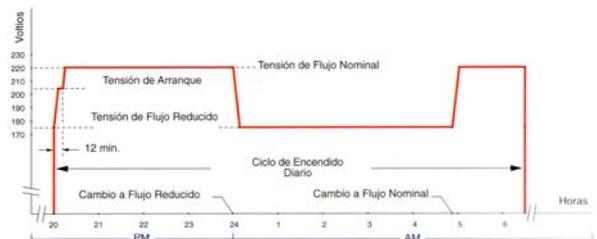


Figura 4: Curva régimen de arranque, normal, reducido y vuelta a régimen normal del equipo ESDONI-N

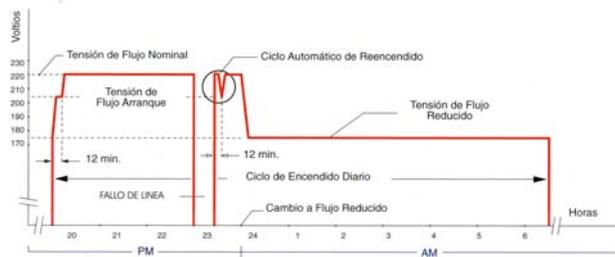


Figura 5: Corte de red con ESDONI-N trabajando a régimen normal

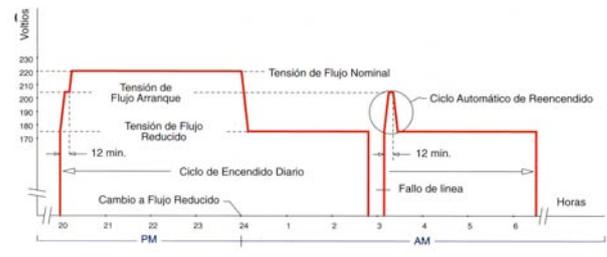


Figura 6: Corte de red con ESDONI-N trabajando a régimen reducido

Ventajas e inconvenientes

La primordial ventaja de los reguladores estabilizadores en cabecera de línea sobre otros sistemas para doble nivel de potencia, es la estabilización de la tensión de alimentación, tanto en el nivel máximo de plena potencia, como en el nivel reducido o segundo nivel. Esta ventaja tiene importancia por cuanto al mantenerse estabilizada la tensión de alimentación en los dos niveles, reducido y pleno, no se ocasiona un incremento de potencia en lámpara y, en consecuencia, no existe influencia sobre la vida de la lámpara, que no se sobrecalienta, ni exceso de consumo energético por sobrepotencia.

También cabe destacar que su implantación en alumbrados existentes es relativamente fácil y sencilla, sin que se precise una intervención, siempre costosa, en cada uno de los puntos de luz del alumbrado.

Por el contrario, la reducción del valor instantáneo de la tensión de la red producida por el regulador estabilizador en cabecera de línea, unida al incremento de la tensión de arco de la lámpara debido a su envejecimiento, da lugar a un cierto recorte de la vida útil de las lámparas, evaluable en un 10% aproximadamente, según los resultados obtenidos en laboratorio. Esta reducción hay que ponderarla, no obstante, frente al alargamiento de la vida útil derivado de la estabilización de la tensión que se consigue.

Por otra parte, cabe señalar la incompatibilidad, o cuando menos, el bajo aprovechamiento de los reguladores estabilizadores en cabecera de línea en aquellas instalaciones de alumbrado en las que se mezclan las lámparas de vapor de sodio y las de vapor de mercurio, ambas a alta presión: como las lámparas de mercurio no permiten reducir la tensión al nivel que soportarían las de sodio, éstas quedarán funcionando por encima del punto óptimo de ahorro.

El efecto reseñado de las dos acciones de incremento de la tensión de arco de la lámpara y de disminución del valor instantáneo de la tensión de la red, se acentúa o aumenta en aquellas lámparas más alejadas del equipo regulador estabilizador en cabecera de línea, debido a las caídas de tensión a lo largo de los conductores eléctricos que alimentan los puntos de luz de la instalación de alumbrado público. Resulta crítico, por tanto, diseñar escrupulosamente las líneas, para prevenir estos efectos.

La precisión propia de cada equipo de regulación va a influir también en el ahorro energético, dado que si la tensión es inferior a 175 V, podrían producirse apagados aleatorios de lámparas en la instalación de alumbrado público, y en el caso contrario, de que dicha tensión sea superior a 175 V, no se obtendría el ahorro energético óptimo previsto.

Normativa

Aun cuando los reguladores estabilizadores en cabecera de línea en la actualidad carecen de normativa específica que los regule, se recomienda aplicar las partes concernientes de la norma UNE EN 60439 "Conjuntos de Aparata de Baja Tensión".

En lo que atañe a la compatibilidad electromagnética cumplirán la norma EN 55015 relativa a perturbaciones radioeléctricas y las normas UNE EN 60555.P2 y UNE EN 61000.3.2 respecto a perturbaciones en redes (armónicas y límites), así como la norma UNE EN 61547 sobre requisitos de inmunidad.

REACTANCIAS EN SERIE DE TIPO INDUCTIVO CON DOBLE NIVEL DE POTENCIA

Se trata de los primeros equipos que aparecieron en el mercado europeo para ahorro energético, aportando una primera solución adecuada para la regulación del nivel luminoso de las instalaciones de alumbrado público. Pueden estar dotados con línea de mando o sin línea de mando (temporizados), aplicándose a las lámparas de vapor de sodio a alta presión y de vapor de mercurio.

Son reactancias de tipo inductivo para conectar en serie con la lámpara, de construcción semejante a los modelos estándar, pero a los que se ha añadido un bobinado adicional sobre un mismo núcleo magnético, de manera que pueda obtenerse la impedancia nominal para la potencia nominal de lámpara (primer nivel), y por conmutación a la conexión del bobinado adicional, una impedancia superior que da lugar a la potencia reducida en lámpara (segundo nivel). La conmutación se lleva a cabo mediante un relé que a su vez está comandado a través de una línea de mando auxiliar.

Una versión posterior alternativa de este sistema es la denominada "sin línea de mando" en la que se ha dotado al rejé de conmutación de un temporizador con retardo a la conexión de forma que, al cabo de un tiempo predeterminado a partir de la puesta en servicio del alumbrado, se conmuta automáticamente a la posición de nivel reducido.

Inconvenientes

En las instalaciones de alumbrado público existentes, la implantación de las reactancias de doble nivel de potencia con o sin línea de mando requiere una intervención punto a punto de luz, lo que supone un coste económico a considerar.

Pero sin duda el principal inconveniente lo constituyen las averías: una única línea de mando controla una gran cantidad de relés, y en el caso frecuente de que alguno de ellos se dañe, quedando cortocircuitado por ejemplo, provoca el disparo de la protección de la línea de mando, quedando ésta inoperante. La instalación permanece entonces funcionando a plena potencia, hasta que se localice el relé dañado y se sustituya, liberando del cortocircuito la línea de mando. Pero localizar dicha avería requiere una intervención en cada punto de luz, con un coste elevadísimo, de forma que no es infrecuente encontrarse con sistemas de doble nivel con línea de mando en el que éste lleva años sin utilizarse.

Normativa

Las reactancias serie tipo inductivo con doble nivel de potencia deberán cumplir lo dispuesto en las normas UNE EN 60922 y 60923, además de la especificación técnica del Comité Técnico de Certificación CTC-007 "Lámparas y Equipos Asociados" (AENOR). Asimismo, se ajustarán a lo establecido en las normas UNE EN 60555.R2 y 61000.3.2 en lo relativo a perturbaciones en redes (armónicos y límites), así como la norma UNE EN 61547 sobre requisitos de inmunidad.

REACTANCIAS ELECTRÓNICAS

Dispositivo compacto que realiza las funciones del equipo auxiliar y, por tanto, sustituye a la reactancia electromagnética, condensador y arrancador (en las lámparas de sodio a alta presión). Lleva incorporado los elementos necesarios para efectuar de forma autónoma y automática y, en consecuencia, sin necesidad de una línea auxiliar de mando, la reducción del flujo luminoso de la lámpara y la potencia en determinados períodos de funcionamiento del alumbrado (potencia reducida o segundo nivel), con el consiguiente ahorro energético.

La reactancia electrónica estabiliza la potencia en lámpara y, consecuentemente, el consumo en red tanto en funcionamiento a régimen reducido como a máxima potencia, frente a variaciones de tensión comprendidas entre 180 y 250 V. Como resultado, al estabilizar la potencia, mantiene la vida media de la lámpara, a la que hay que restar un 10% por las razones que se explicaron a propósito de la regulación en cabecera.

En todas las condiciones de funcionamiento (máxima potencia y nivel reducido), las pérdidas propias del equipo electrónico no superan el 4 ó 5% de la potencia eléctrica consumida en lámpara, lo cual resulta ventajoso frente al consumo real del equipo auxiliar tradicional (reactancia electromagnética,

condensador y arrancador) que oscila entre un 9,3 y un 27.5% de la potencia nominal de la lámpara.

Ventajas e inconvenientes

Las reactancias electrónicas presentan, además de menores pérdidas propias por consumo del equipo auxiliar, las mismas ventajas e inconvenientes que los reguladores estabilizadores en cabecera de línea.

Sin embargo resulta, generalmente, una solución sensiblemente más cara, y su implantación en instalaciones de alumbrado existentes precisa una intervención punto a punto de luz, lo que implica un sobre coste económico añadido que resulta difícil de justificar. Por último, son equipos sensibles a las tormentas (rayos), elevadas temperaturas, y perturbaciones eléctricas de la red.

Normativa

En lo que concierne a la normativa a cumplir, los balastos electrónicos se ajustarán a lo dispuesto en las partes aplicables de las normas:

- UNE EN 60928 y UNE EN 60929
- EN 55015 respecto a compatibilidad electromagnética y perturbaciones radioeléctricas.
- UNE EN 60555.P2 y UNE EN 61000.3.2 relativa a perturbaciones en redes (armónicos y límites)
- UNE EN 61547 sobre requisitos de inmunidad.

1.2.4 Ejercicio propuesto

El ejemplo de páginas anteriores, sobre la resolución de redes trifásicas ramificadas, puede aplicarse a cualesquiera redes de distribución de energía eléctrica de cuatro hilos. Pero en ocasiones la distribución tiene que hacerse a tres hilos. Esto ocurre generalmente cuando la máxima tensión disponible son 230 V entre fases y 127 V entre fase y neutro, en cuyo caso es normal no incluir el conductor neutro en la distribución, y si se incluye no se usa, porque ya no quedan casi receptores de 127 V de tensión nominal.

Prácticamente todas las instalaciones de mediana y gran antigüedad se ejecutaron solo con tres hilos, y con materiales algo sorprendentes hoy día. Porque al ser entonces menores las tensiones usadas que la actual más común de 400 V, también podían ser menores los aislamientos y valía el algodón y otras fibras. Ahora el desarrollo de los plásticos ha cambiado el panorama, contribuyendo a la generalización de la tensión de 400 V.

En muchos pueblos de nuestro entorno, no obstante, la energía eléctrica sigue distribuyéndose a 230 V de tensión entre fases y sin utilizar, ni por tanto distribuir, el conductor neutro. Puede ocurrir que las reformas que se deban hacer en la red hayan de respetar esta condición, es decir, que haya que mantener el suministro trifásico a 230 V y solo 3 hilos. No es aconsejable hacerlo siempre, pues a menudo resulta preferible, de cara a una futura elevación de la tensión, adoptar un esquema de 4 hilos válido para 400 V e instalar en cabecera un autotransformador trifásico que eleve la tensión. Pero si no hay más remedio que trabajar con 3 hilos, la solución del apartado anterior no vale y hay que desarrollar otra similar.

Suponiendo, sin embargo, que este no es el caso, vamos a afrontar el diseño eficiente de la instalación de alumbrado público que se propone en las páginas siguientes. Es un caso aproximadamente real.

Se trata de reformar el alumbrado de un pequeño municipio de una provincia española, controlado por un solo centro de mando del que parten cuatro líneas para alimentar todas las luminarias representadas.

En la figura pueden observarse la ubicación de los puntos de luz, el trazado aproximado que siguen las líneas y el lugar que ocupa el centro de mando.

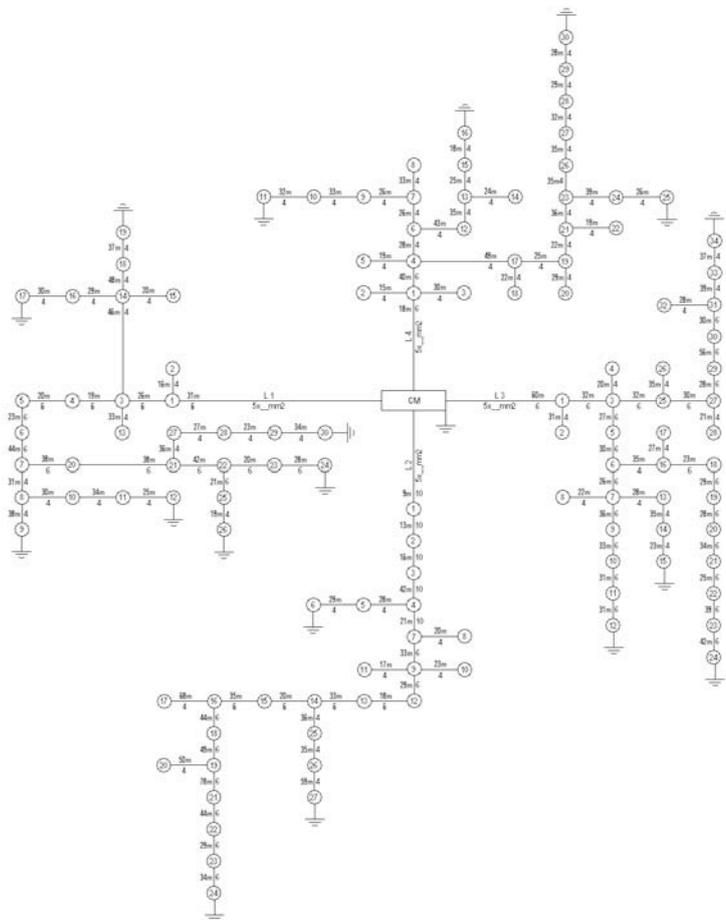
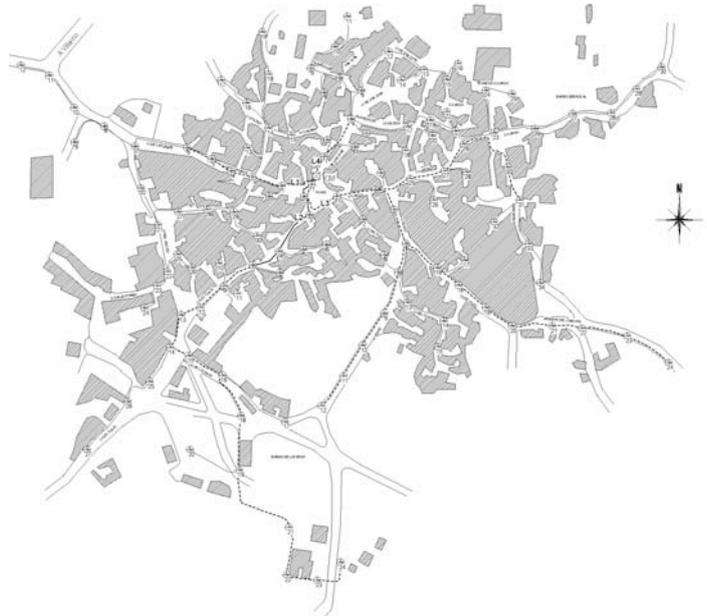
Aunque la distribución existente es de 230V a tres hilos, en este caso se colocará en el centro de mando un autotransformador trifásico con neutro accesible, elevador de tensión hasta 400V entre fases. Hay que diseñar la instalación para cuatro hilos y tensión nominal de 400V.

El esquema unifilar de la instalación de alumbrado es el del croquis adjunto. Se representan las luminarias y la distancia entre ellas (longitud de los tramos). También se ha incluido la sección de la línea en cada uno, en mm^2 .

Se trata de confirmar la validez de la solución adoptada y, sobre todo, de determinar cuál debe ser el tipo de conexión de cada luminaria para conseguir que cada línea constituya, vista desde el centro de mando, un receptor trifásico equilibrado.

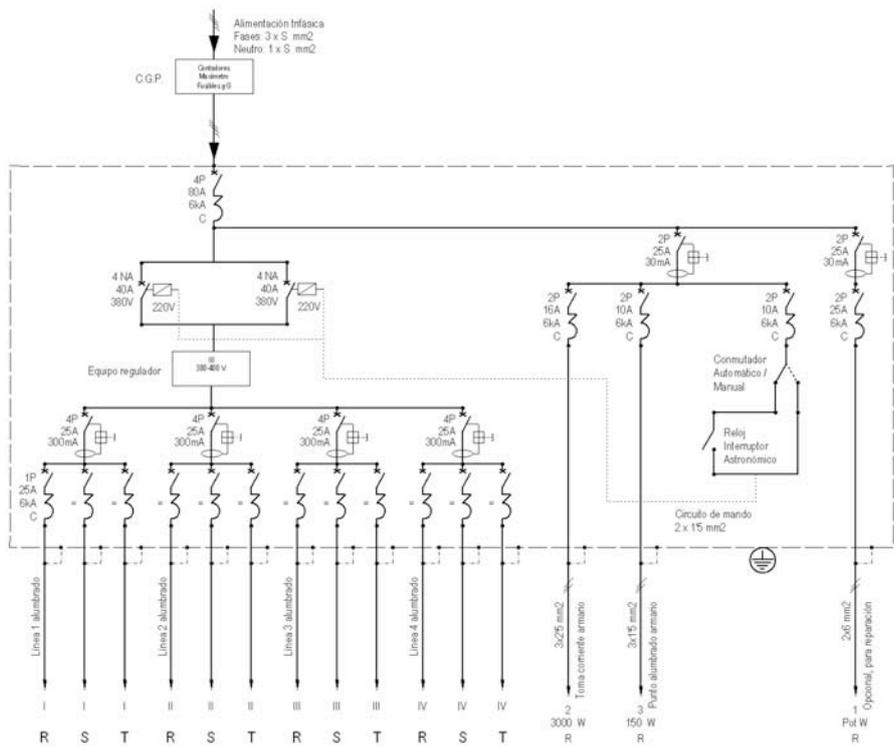
Se procurará, además, lograr el mejor equilibrio de potencias asignadas a cada fase y que las caídas de tensión más desfavorables sean, también, lo más parecidas posible, para garantizar un comportamiento homogéneo de todos los circuitos de la instalación.

También se incluye un posible esquema unifilar del centro de mando, al objeto de poder apreciar sus funciones y capacidades de maniobra. Como se ve, es posible alimentar cada fase por separado, y el neutro no se interrumpe nunca.



Esto implica la necesidad de estudiar el comportamiento de la red en el arranque de dos de las tres fases, y determinar las consecuencias de tal proceder que, generalmente, es totalmente desaconsejable.

Convendría que la hoja de cálculo permitiera simular la activación de las fases por separado, para analizar lo que ocurre con solo dos de las tres fases conectadas.



Los niveles de alumbrado hay que fijarlos como sigue:

Extraído de:

IDAE / CEI, *Guía técnica de eficiencia energética en iluminación. Alumbrado público*, Publicaciones Técnicas IDAE, Madrid, 2001

En primer lugar es imprescindible fijar la “situación de proyecto”, que es clasificar la calle o carretera a iluminar de acuerdo con una tipología basada en la categoría de la vía, el uso a que se destina, la intensidad media diaria (IMD) de vehículos que la transitan, la existencia de aceras y tráfico peatonal, y parámetros similares. Se establecen cinco tipos básicos, con varios subtipos cada uno, ordenados de mayor a menor exigencia de iluminación. Para autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras de alta velocidad (tipos A y B), se aplica la tabla siguiente:

CLASES DE ALUMBRADO PARA VÍAS DE TRÁFICO RODADO DE ALTA Y MEDIA VELOCIDAD				
Tipos de vías	Intensidad de tráfico (IMD)	Nivel de iluminación		
A1	Carreteras de calzadas separadas con cruces a distinto nivel y accesos controlados (autopistas y autovías)	Alta: $IMD > 25000$ Media: $15000 \leq IMD \leq 25000$ Baja: $IMD < 15000$	ME1 ME2 ME3	
	Carreteras de calzada única de doble sentido de circulación y accesos limitados (vías rápidas)	Alta: $IMD > 15.000$ Media y baja: $IMD \leq 15000$	ME1 ME2	
	A2	Carreteras locales a campo abierto con accesos no restringidos	$IMD > 7000$ $IMD \leq 7000$	ME1 ó ME2 ME3

CLASES DE ALUMBRADO PARA VÍAS DE TRÁFICO RODADO DE ALTA Y MEDIA VELOCIDAD			
A3	Vías colectoras, rondas de circunvalación, carreteras interurbanas, vías urbanas de tráfico importante, vías principales en ciudad, travesías de poblaciones	IMD > 25000	ME1
		15000 ≤ IMD ≤ 25000	ME2
		7000 ≤ IMD < 15000	ME3
		IMD < 7000	ME4
B1	Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante, vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas	IMD > 7000	ME2 ó ME3
		IMD ≤ 7000	ME4, ME5 ó ME6
B2	Carreteras locales en áreas rurales	IMD > 7000	ME 2 ó ME3
		IMD ≤ 7000	ME4 ó ME5

Las anteriores situaciones de proyecto se estudian mediante los métodos que permiten evaluar la luminancia (cd/m^2) que cada alumbrado consigue sobre la calzada, medida en condiciones normalizadas. Es preciso alcanzar, en cada caso, los siguientes valores mínimos, en funcionamiento a potencia normal y descontando las pérdidas de rendimiento (en un factor nunca mayor de 0'8):

NIVELES DE ALUMBRADO DE LA SERIE ME			
Clase de alumbrado	Luminancia (cd/m^2)	Relaciones de luminancia	
		Global U_o	Longitudinal U_l
ME1	2,00	0,40	0,70
ME2	1,50	0,40	0,70
ME3	1,00	0,40	0,60
ME4	0,75	0,40	0,50
ME5	0,50	0,35	0,40
ME6	0,30	0,35	0,40

Para vías de tráfico rodado de baja velocidad, e incluso vías peatonales (tipos C, D y E), se aplican las situaciones de proyecto de la tabla que se incluye más adelante.

En este tipo de vías, salvo en los aparcamientos, no es posible evaluar la luminancia conseguida, porque se requiere estimar la percepción de un observador situado a 60 m de distancia en línea recta, y generalmente esta distancia no suele estar disponible en este tipo de vías. Como tampoco resulta crítico este criterio, se adopta el método de estimar la iluminancia o cantidad de luz (en lux) vertida sobre la calzada. Se deben conseguir los niveles mínimos de la "serie S" (ver tabla).

CLASES DE ALUMBRADO PARA VÍAS DE TRÁFICO RODADO DE BAJA VELOCIDAD, CICLISTAS Y PEATONES		
Tipos de vías	Intensidad de tráfico (IMD)	Nivel de iluminación
C1	Flujo de ciclistas alto	S1 ó S2
	Flujo de ciclistas normal	S3 ó S4
D1 D2	Flujo de peatones alto	ME1 ó ME2
	Flujo de peatones normal	ME3 ó ME4
D3 D4	Flujo de vehículos, peatones y ciclistas alto	S1 ó S2
	Flujo de vehículos, peatones y ciclistas normal	S3 ó S4

CLASES DE ALUMBRADO PARA VÍAS DE TRÁFICO RODADO DE BAJA VELOCIDAD, CICLISTAS Y PEATONES			
E1	Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, aceras a lo largo de la calzada, paradas de autobús con zona de espera, áreas comerciales peatonales	Flujo de peatones alto	S1
		Flujo de peatones normal	S2, S3 ó S4
E2	Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones	Flujo de peatones alto	S1
		Flujo de peatones normal	S2, S3 ó S4

NIVELES DE ALUMBRADO DE LA SERIE S			
Clase de alumbrado	Iluminancia media E_m (lux)	Relaciones de luminancia	
		Iluminancia mínima E_{min} (lux)	Uniformidad media U_m (%)
S1	15	5	33
S2	10	3	30
S3	7,5	1,9	25
S4	5	1	20

En este caso parece conveniente clasificar las calles del pueblo dentro de la situación de proyecto D4, lo que implica alcanzar niveles de iluminancia mínimos, en servicio, correspondientes al tipo S3. Pueden utilizarse luminarias suspendidas a unos 7'00 m de altura, dotadas de lámparas de vapor de sodio de alta presión de 70W, colocadas unilateralmente a una equidistancia de unos 25 m. Esta configuración debería bastar para una calle tipo de 5'50 m de ancho con dos aceras de 0'60 m cada una. Los cálculos luminotécnicos pueden efectuarse con cualquier programa gratuito que los fabricantes de luminarias ofrecen en internet.

El ejercicio propuesto consiste en elaborar un Estudio justificativo de la reforma del alumbrado pretendida para el pueblo. El alumno es libre de trabajar cuantos aspectos desee, es decir, incluir o no estudio luminotécnico, justificar la solución luminotécnica adoptada, evaluar el ahorro que se pretende conseguir respecto de una hipotética situación inicial, modificar los trazados de las líneas, recalcular el número de luminarias, diseñar los circuitos calculando secciones, fijar las conexiones de las lámparas para lograr el equilibrio de la carga, etc. No hay límite de extensión ni tampoco contenidos mínimos ni máximos. Se valorará el esfuerzo personal dedicado por cada uno, y se apreciará que se evite el despilfarro de papel (estimado a partir de los espacios en blanco que se dejen). En la web del área se podrá descargar una hoja de cálculo de ayuda para el diseño de las líneas.