

Iluminación y Armónicos

Juan Cornet
Inypesa

A menudo, cuando se diseña alumbrado, se piensa únicamente en iluminación (niveles, fuentes, luminarias, reflectores, etc.), olvidando plantear los problemas inherentes a la instalación (redes, puestas a tierra, armónicos, etc.).

El punto más "olvidado" de las instalaciones suele ponerse de relieve en el momento de las puestas en servicio, cuando prácticamente solo pueden aplicarse soluciones paliativas.

La aparición de armónicos en las instalaciones de iluminación se produce básicamente en los casos siguientes:

- ✗ Iluminación con lámparas de descarga.
- ✗ Iluminación con lámparas incandescentes reguladas mediante dimmers.

La problemática generada por la presencia de armónicos en instalaciones de pequeña entidad suelen obviarse; sin embargo, en instalaciones de gran entidad (polideportivos, estadios, campos de deportes, estudios de T.V., etc.), los efectos nocivos deben tenerse en cuenta en el dimensionado y diseño de las redes de alimentación.

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en la Instrucción MIE BT 009 1.2.2, indica la solución reglamentaria de sobredimensionar la carga correspondiente a las lámparas o tubos de descarga con la aplicación de un factor multiplicador de 1,8 para que las redes puedan transportar reglamentariamente la carga de los receptores, de sus elementos asociados y de sus corrientes armónicas. La aplicación única de esta Instrucción no suele ser una buena solución técnica.

Las componentes armónicas, además de sobrecargar los conductores, único

aspecto contemplado en el R.E.B.T., tienen algunos efectos nocivos más; entre otros se pueden enumerar los siguientes:

- ✗ Sobrecargas en embarrados y protecciones de los cuadros de distribución.
- ✗ Sobrecargas en transformadores y condensadores
- ✗ Distorsión del funcionamiento de aparatos electrónicos, ya sea por conexión a la red eléctrica contaminada o por efectos radiantes de la misma.
- ✗ Averías en aparatos electrónicos
- ✗ Disfunción de fuentes propias de alimentación (grupos electrógenos, convertidores estáticos).

Para lograr minimizar el contenido de armónicos en las instalaciones de alumbrado, deben tenerse en cuenta las observaciones siguientes:

- ✗ La potencia de la fuente de alimentación debe ser grande con respecto a la potencia de los receptores susceptibles de generar armónicos.
- ✗ Sectorización máxima de las redes y líneas de alimentación.
- ✗ Longitud mínima de las redes y líneas de alimentación.
- ✗ Impedir los fenómenos sumatorios de los armónicos.

Un ejemplo ilustrativo de los resultados de la aplicación de estas observaciones podemos verlo en el comparativo de dos instalaciones deportivas realizadas con distintos criterios de diseño. Los diagramas de principio de estas dos instalaciones se hallan representados en las figuras 1 y 2.

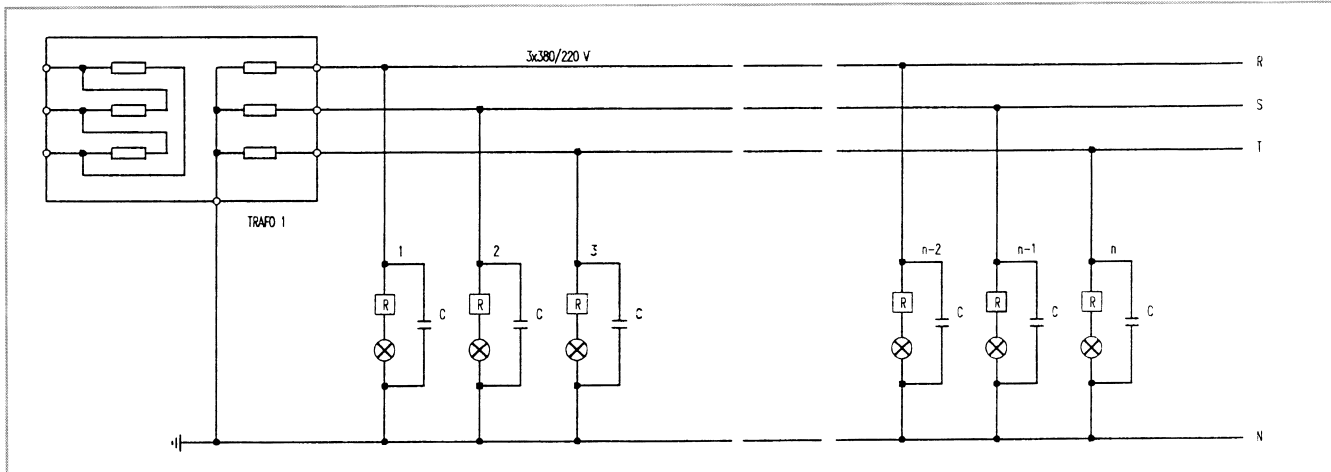


Figura 1

En esta figura se representa la instalación en que se ha destinado un transformador de 1 M VA para alimentar el alumbrado deportivo; la tensión secundaria del transformador en vacío es de 3x400/230 V y los equipos de encendido y condensadores para corrección de factor de potencia para lámparas de V.M.H. de 1,9 kW están conectados entre fases y neutro.

En el momento de la puesta en servicio y con aparatos de medida normales, se detectaron corrientes anormalmente grandes en el conductor neutro; para determinar las causas de estas corrientes se realizaron mediciones con aparatos de medida adecuados.

Para la realización de mediciones se energizaron 230 lámparas que se hallan alimentadas por 7 líneas trifásicas, cuyas cargas son de 12-14-24-30-40-48 y 62 lámparas.

El resultado de las mediciones fué el siguiente:

Al estar equilibradas las intensidades de las fases, las corrientes de neutro por causa de los armónicos de tercer orden se calculan sumando las corrientes armónicas de cada fase. Podemos comprobar que la corriente de tercer armónico en el neutro es superior a la fundamental en fases (703 A > 679 A).

En la gráfica indicada como figura 3, puede verse la forma de onda de tensión y corriente correspondiente a la fase S.

En la figura 2 se representa parcialmente la instalación (25 %) a la que se han destinado cuatro transformadores de 0,63 M VA, donde cada uno de ellos alimenta parte del alumbrado deportivo además de otros servicios; la tensión secundaria de los transformadores en vacío es de 3 x 400/230 V, los equipos de encendido para lámparas de V.M.H. de 2 kW, están conectados entre dos fases; para la corrección del factor de potencia se utilizan dos condensadores de 250 V de tensión nominal, que se conectan cada uno de ellos entre cada una de las fases que

ARMONICO		INTENSIDAD			
ORDEN	Hz	FASE R (A)	FASE S (A)	FASE T (A)	NEUTRO (A)
1	50	666,00	679,00	664,00	-
3	150	234,00	252,00	217,00	703,00
5	250	31,70	36,80	33,10	-
7	350	9,80	10,10	8,20	-

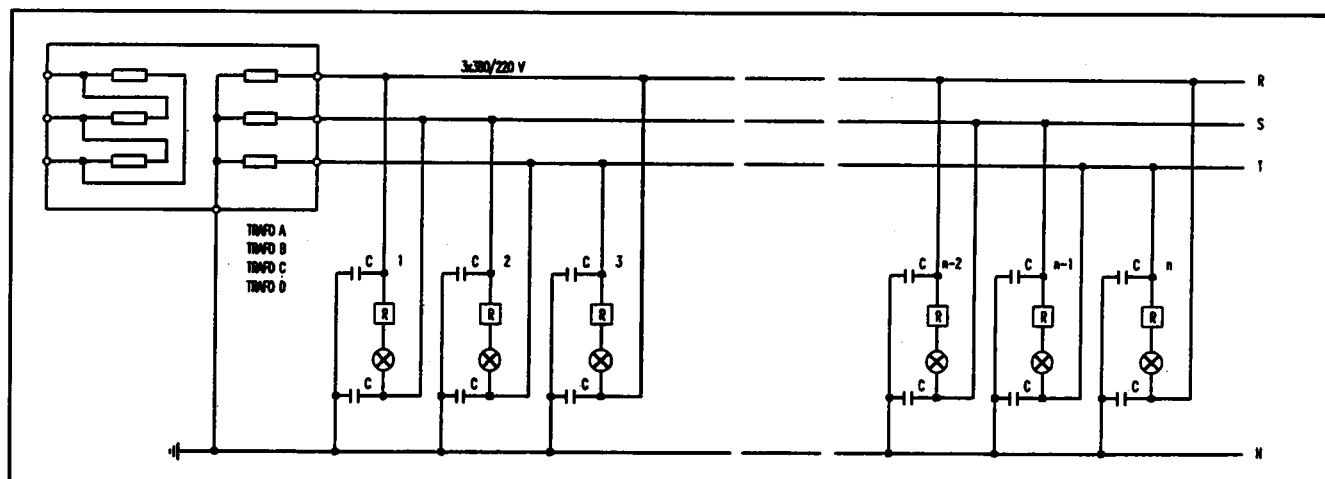


Figura 2

alimentan el equipo de encendido y el conductor neutro de la instalación. En el momento de la puesta en servicio, al no observarse corrientes anómalas en neutro se utilizaron aparatos de medida normales.

Para la realización de las mediciones se energizaron 240 lámparas que se hallan alimentadas por 64 líneas trifásicas cuyas cargas son de:

- 4 líneas de 1 lámpara (1 línea por transformador)
- 20 líneas de 2 lámparas (5 líneas por transformador)
- 12 líneas de 3 lámparas (3 líneas por transformador)
- 12 líneas de 5 lámparas (3 líneas por transformador)
- 12 líneas de 6 lámparas (3 líneas por transformador)

- 4 líneas de 7 lámparas (1 línea por transformador)

El resultado de las mediciones fué el siguiente. VER TABLA

Las intensidades de las fases no están totalmente equilibradas por la tipología y dispersión de los circuitos de encendido; las corrientes de neutro son corrientes capacitivas de desequilibrio.

La disparidad de los resultados obtenidos en las instalaciones correspondientes a las figuras 1 y 2 se deben básicamente a:

Figura 1

- La conexión de los equipos de encendido entre fases y neutro propicia la circulación de las corrientes armónicas de orden impar por el conductor neutro y por ende su suma en dicho conductor.

TRANSFORMADOR CONCEPTO	TRAFO A 630KvA	TRAFO B 630 KvA	TRAFO C 630 KvA	TRAFO D 630 KvA	SUMA TEORICA 2520 KvA
Nº LAMPARAS	60	60	60	60	240
INTENSIDAD FASE R (A)	214	210	202	214	840
INTENSIDAD FASE S (A)	212	214	207	218	851
INTENSIDAD FASE T (A)	180	199	188	188	755
INTENSIDAD NEUTRO (A)	15	14	14	11	54

- La conexión de los condensadores entre fases y neutro en paralelo con los equipos de encendido, puede propiciar el acercamiento a la resonancia de corriente.

- La relación entre la potencia de la fuente de alimentación y la potencia de los receptores de alumbrado susceptibles de producir armónicos es de 2,28.

- La sectorización es muy baja teniendo en cuenta que las 230 lámparas están alimentadas por 7 líneas y que el número de lámparas que alimenta cada línea (12130/40/48/62) es elevado.

- Las líneas de alimentación de las lámparas son necesariamente largas, puesto que parten de un único transformador.

- La tasa de armónicos de orden impar con respecto a la corriente fundamental es la siguiente:

ARMONICO		% ARMONICOS	
ORDEN	Hz	FASES	NEUTRO
3	150	35,00	105,00
5	250	5,00	-
7	350	1,40	-

Figura 2

- La conexión de los equipos de encendido entre fases hace imposible la circulación de corrientes de 3er armónico, ya que estas son homopolares y con este conexionado no se utiliza el conductor de neutro.

- La conexión de los condensadores, dos por equipo, entre las fases que alimentan dicho equipo y el conductor neutro, que está desvinculado de los equipos de encendido, no propicia la resonancia de corriente.

- La relación entre la potencia de las fuentes de alimentación y los receptores susceptibles de producir armónicos es de 5,25.

**A menudo,
cuando se diseña
alumbrado,
se piensa únicamente
en iluminación
(niveles, fuentes,
luminarias, reflectores, etc.),
olvidando plantear
los problemas inherentes
a la instalación
(redes, puestas a tierra,
armónicos, etc.).**

- La sectorización es muy alta teniendo en cuenta que las 240 lámparas están alimentadas por 64 líneas y que el número máximo de lámparas que alimenta la línea más cargada es de 7. Estas 64 líneas proceden de 4 transformadores, es decir 16 líneas por transformador.

- Las líneas de alimentación de las lámparas son relativamente cortas, habida cuenta de la situación estratégica de los transformadores en los centros de carga de las zonas de alumbrado,

- En esta instalación los armónicos de orden impar no pueden circular y por ello las corrientes de neutro medidas son corrientes capacitivas de desequilibrio de frecuencia fundamental.

Figura 3
Gráfica de
las formas de
onda
de tensión y
corriente de
la fase S
correspondiente a la
instalación de
la figura 1

