

# Prevención y atenuación de incidencias por corte de neutro en instalaciones de baja tensión

José F. Martínez-Canales, Dirección y Distribución en Gestión de Instalaciones Este. Iberdrola  
Jorge Alcaide Sanz, Área de Desarrollo Corporativo de la Delegación de Valencia. Iberdrola



José F. Martínez-Canales



Jorge Alcaide Sanz

**U**na avería bastante común en las redes de distribución de Baja Tensión es el corte del conductor de neutro. Esta avería, en distribuciones trifásicas para consumos monofásicos, representa un grave riesgo para la seguridad de la instalación receptora ya que los desequilibrios entre fases hacen que algunas cargas puedan verse sometidas a subtensiones y otras a sobretensiones de servicio permanentes.

Las citadas sobretensiones (que, en ocasiones, superan los 250 V) producen en ciertos casos la destrucción de equipos receptores monofásicos provocando importantes perjuicios a los Clientes, lo que, a su vez, ocasiona reclamaciones que pueden ser significativas económicamente para la Empresa.

Asimismo, su imagen puede quedar muy deteriorada ante este tipo de problemas pudiendo resultar esta pérdida de imagen más perjudicial que la simple interrupción del suministro.

## El proyecto

Como consecuencia de lo expuesto, en diciembre de 1995 se ini-

ció un Proyecto de Investigación titulado "Prevención y Atenuación de Incidencias por Corte de Neutro en instalaciones de Baja Tensión" (PREINCORNE). Este Proyecto se está realizando por Iberdrola, Región Este de Distribución y Clientes, y por la Universidad Politécnica de Valencia, representada por el Profesor D. Carlos Roldán Porta, perteneciente al Grupo de Investigación Nuevas Aplicaciones en la Industria de Potencia (NAIP), y está orientado a estudiar el problema tanto de prevención como de protección. Se presentan, de forma resumida, los objetivos, el desarrollo, los resultados y las conclusiones obtenidas hasta finales de enero de 1997.

## Objetivos

El objetivo del Proyecto es estudiar y cuantificar los riesgos de la rotura del neutro en las redes actuales

de distribución en BT, así como proponer e implementar soluciones técnicas adecuadas para prevenir el problema o atenuar sus consecuencias.

## DESARROLLO

### \* Estado actual

Para conocer la situación actual del problema, se han desarrollado tres tareas:

- Realización de un Plan de medidas en la zona de Castellón, en Centros de transformación de Empresa y centralizaciones de contadores.

- Estudio de la documentación científica encontrada, relativa al problema.

- Estudio de soluciones aportadas en trabajos anteriores.

Del análisis de los datos registrados en el citado Plan, se desprende, como esperábamos, que a lo largo del día existen desequilibrios en las impedancias de las fases y que éstas son bastante variables a lo largo de la jornada. Además, dichas impedancias son claramente no lineales debido al gran número de electrodomésticos, ordenadores y demás aparatos electrónicos, que introducen una elevada tasa de armónicos.

Por otra parte, cabe reseñar que no se han encontrado soluciones técnicas que aúnen, en un mismo dispositivo, las funciones de vigilancia y protección frente al citado corte.

**\* Datos estadísticos. Incidencia económica**

A partir de los datos facilitados por todas las Zonas de la Región Este de Iberdrola, se han elaborado estadísticas sobre la incidencia del problema las principales causas y el coste económico asociado por indemnizaciones a Clientes, clasificándose las causas de averías en cuatro grupos principales (Fig. 1):

- Corrosión de cables subterráneos de aluminio por deterioro del aislamiento.
- Corrosión de conductores aéreos de aluminio en las uniones bimetálicas Cu-Al.
- Contactos defectuosos de los conductores en las C.G.P. (Caja General de Protección).
- Esfuerzos mecánicos, normalmente de tipo involuntario.

Es de resaltar que, como promedio anual (durante los últimos tres años) en todo el Área de Distribución y Clientes, se han pagado a los Clientes, como indemnización de daños por corte de neutro, 85 millones de pesetas.

**\* Estudio técnico**

Esta tarea ha requerido gran esfuerzo, analizándose distintos aspectos:

- Planteamiento y análisis electrotécnico del corte.
- Estado real de las redes de BT a partir de los datos recogidos en el Plan de medidas desarrollado en Castellón.
- Ensayos en laboratorio.

**\* Análisis electrotécnico**

Cuando estudiamos el problema teórico de la rotura del neutro en sistemas trifásicos con cargas lineales desequilibradas, vemos que, al cortarse el neutro, se produce un desplaza-

miento de éste según muestra la Fig. 2. Esto hace que los neutros del generador y de las cargas no coincidan, por lo que existen cargas sometidas a mayores tensiones (C2, C3) que las existentes antes del corte de neutro y otras, como ya se ha dicho, a menores tensiones (C1).

**\* Estado real de las redes de BT**

En los sistemas eléctricos reales, la presencia de gran cantidad de aparatos electrodomésticos, electrónicos (muchas veces con equipos rectificadores que toman sólo los picos de corriente), alumbrado con lámparas de descarga, provoca que las cargas dejen de ser lineales apareciendo intensidades demandadas que se alejan de la forma senoidal ideal. Esta es la causa de la existencia de un número considerable de armónicos.

Reviste especial importancia la presencia del tercer armónico homopolar, que debe retornar por el neutro, cosa que no sucedía cuando las cargas eran lineales. Este efecto, junto con el hecho de que las cargas reales no son equilibradas, provoca que las corrientes que circulan por el neutro sean considerables.

La rotura del neutro en estas circunstancias implica que el tercer

armónico de corriente no tenga camino de retorno, razón de que las ondas de tensión se deformen apareciendo un tercer armónico de

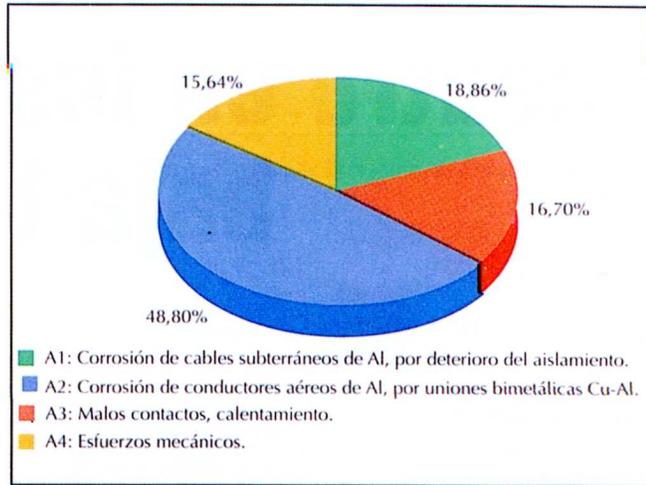


Fig. 1 - Tipo de averías. Porcentajes medios

tensión muy importante y que puede provocar en algunas fases tensiones

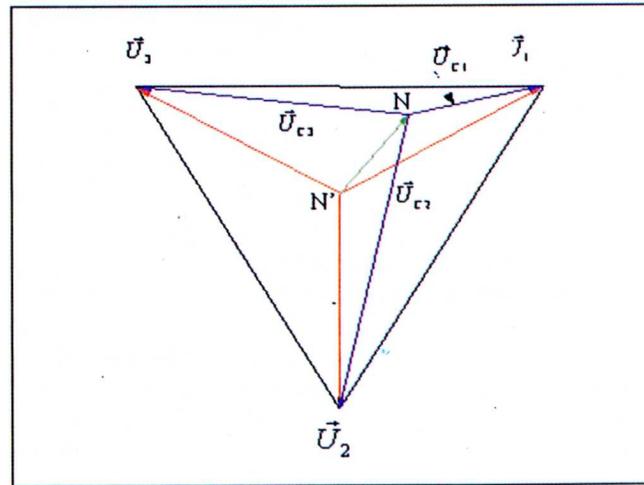


Fig. 2 - Diagrama vectorial del efecto de la rotura del neutro

muy elevadas cuyos valores no son predecibles a partir de un análisis como el indicado para cargas lineales.

Para poder estimar los efectos del corte en estos casos, se ha desarrollado un método aproximado de simulación mediante ordenador.

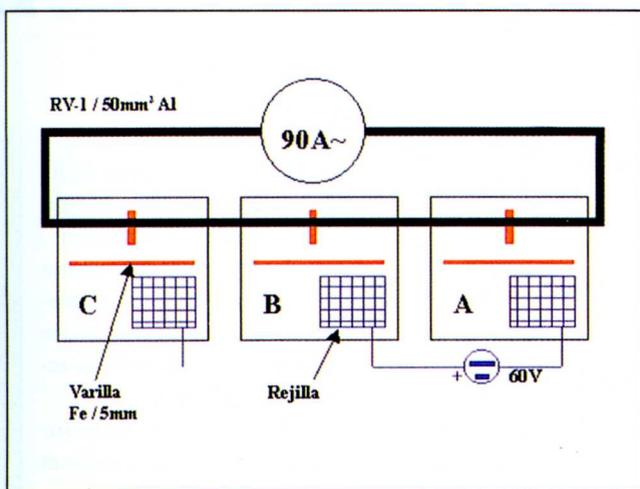


Fig. 3 - Esquema del montaje de las cubetas de ensayo A, B y C

### \* Corrosión del aluminio

Durante el desarrollo del Proyecto se han recogido y analizado muestras de cables de aluminio del tipo RV-1, por ser el tipo más utilizado para el tendido del neutro en instalaciones de BT.

Se ha realizado (en colaboración con el Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales de la Universidad Politécnica de Valencia) un análisis detallado de las muestras, utilizando técnicas de microscopía óptica y electrónica con el fin de estudiar la composición de las muestras, la evolución del proceso de corrosión, sus causas, etc. De igual forma, se han consultado distintas fuentes bibliográficas y se han realizado ensayos. Algunas conclusiones significativas que se han podido obtener son las siguientes:

Desestimar la corrosión por impurezas del aluminio o tensiones internas previas. La causa fundamental de la corrosión es la presencia de humedad como consecuencia de la rotura del aislamiento, siendo el resultado de la corrosión la formación de un óxido de aluminio prácticamente puro denominado alúmina ( $Al_2O_3$ ).

El proceso crítico es el tendido del conductor por el riesgo de dañar su aislamiento.

### \* Ensayos

Hasta el 31 de enero de 1997, se han llevado a cabo varios ensayos en

laboratorio enfocados a conocer las causas que conducen al corte de neutro y obtener información sobre los fenómenos asociados (sobre todo eléctricos) con vistas a una posible prevención de la avería.

Se ha profundizado en la corrosión de cables unipolares de aluminio subterráneos así como en el calentamiento por malos contactos en conexiones.

*Ensayo de corrosión acelerada en cables unipolares de aluminio tipo RV-1 (Fig. 3).*

Los ensayos se realizaron con cables de 50 mm<sup>2</sup>. Para acelerar el proceso de corrosión se practicó un orificio en el aislamiento y se enterró el cable en tierra húmeda provocando simultáneamente una pequeña fuga de corriente al terreno aplicando una tensión continua en las cubetas A y B (en una rejilla actuaba como ánodo y en la otra como cátodo) mientras que la cubeta C se dejaba sin inyección de corriente continua. El ensayo se realizó haciendo circular por el cable una corriente alterna constante de 90 A aproximadamente y midiendo el incremento de la caída de tensión en el mismo a lo largo del tiempo.

De este ensayo se dedujo que el proceso de la corrosión es prácticamente lineal, produciéndose una aceleración de dicho proceso cuando nos

encontramos cerca de la rotura total del conductor. Este efecto puede apreciarse fácilmente tanto observando la evolución de la tensión como la del factor de potencia (Fig. 4). En condiciones de funcionamiento normales en una red de BT, apreciar este fenómeno resultaría mucho más difícil ya que, en esas circunstancias, el valor de la intensidad varía ampliamente a lo largo de la jornada.

*Ensayo de calentamiento en caja generales de protección (CGP)*

Para el ensayo de calentamiento en conexiones se conectó una muestra de cable RV1-Al 50 mm<sup>2</sup>, en cortocircuito, a una CGP (esquema 10), como se muestra en la (Fig. 5). Se hizo circular una intensidad de 200 A (1,43 veces la intensidad nominal del cable, 140 A según la MI BT 004) durante todo el ensayo. Cada una de las conexiones de la CGP se realizó con un par de apriete distinto (pares indicados en la figura en mkp), tomándose medidas de las caídas de

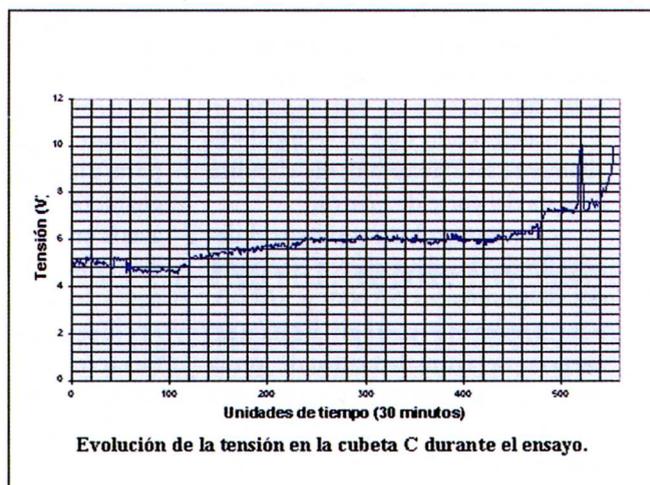


Fig. 4 - Ensayo de corrosión acelerada

tensión entre los distintos bornes de la CGP.

Con este ensayo se ha comprobado, que cuando existen malos contactos, se producen incrementos de temperatura importantes, del orden de 200 °C (relación inversa entre par de apriete y temperatura en la conexión), que pueden provocar la des-

trucción de las conexiones. Se ha visto cómo existe una posibilidad de detección del fenómeno por parámetros eléctricos (caída de tensión y resistencia en CGP) y por la temperatura de las conexiones (Fig. 6).

### \* Propuesta de soluciones

Se han desarrollado soluciones tanto de tipo preventivo (es decir, las encaminadas a evitar la aparición de faltas) como de tipo correctivo (protecciones para detectar y/o despejar las faltas). Entre ellas destacamos:

- *Correctivas:* Se han elaborado una serie de recomendaciones de buena práctica en las instalaciones, que pueden reducir el número de estas averías.

Se ha estudiado toda la documentación existente en la actualidad sobre el nuevo cable tripolar con neutro concéntrico tipo Ceander, que se está empezando a utilizar en redes subterráneas de distribución en BT, concluyendo que su resultado es altamente satisfactorio desde el punto de vista del corte de neutro.

- *Preventivas* Han supuesto el desarrollo de dos dispositivos electrónicos denominados SAN-1 y SAN-3, para prevenir y corregir las consecuencias del corte de neutro de forma rápida y automática. Ambos sistemas han sido ensayados en laboratorio y comprobados en situaciones reales. Sus características son las siguientes:

*SAN-1: Dispositivo de protección para viviendas, que acciona el diferencial.*

Este prototipo permite la protección de instalaciones monofásicas al producir el disparo de diferencial, en caso de que la tensión aplicada supere un cierto valor (en el prototipo se fijó en  $250 \pm 2\%$  V). Mientras permanece la sobretensión, un indicador luminoso se mantiene encendido, avisando

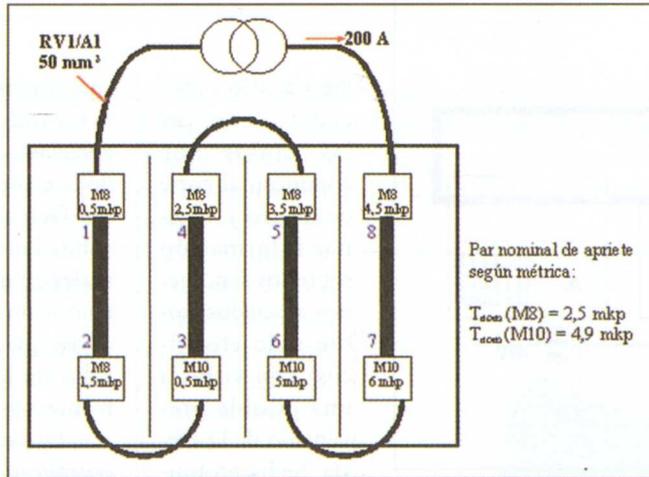


Fig. 5 - Esquema de montaje para el ensayo de calentamiento

de este hecho para evitar que se intente reconocer el diferencial.

*SAN-3: Dispositivo de vigilancia y protección para centralizaciones de contadores.*

El prototipo para la vigilancia de la continuidad del neutro está basado en un microprocesador y realiza la detección utilizando medidas de tensión e intensidad de la centralización de contadores o en la acometida de cualquier suministro trifásico. Esta unidad lleva incorporado el software necesario para discriminar correctamente la avería en las situaciones más comunes.

Este equipo desarrolla dos funciones:

1.- Detectar el inicio de la rotura del neutro mediante la activación de una alarma cuando la suma de tensiones simples supere un valor umbral programable.

2.- Desconectar a los Clientes que puedan verse afectados por sobretensiones inadmisibles, cuando el problema del neutro empeora. La desconexión se realiza cuando cualquiera de las tres tensiones simples supera un valor umbral programable.

## Resultados

De forma concisa, y considerando cuanto se ha dicho, los resultados obtenidos se pueden concretar en:

1. *Mejor conocimiento del problema del corte de neutro:* su origen, los riesgos que entraña y la repercusión actual del problema.

2. *Soluciones aplicables:* mejoras en las instalaciones y sistemas de protección desarrollados (SAN-1 y SAN-3).

Es de reseñar que los citados sistemas de protección han sido patentados por Iberdrola y que sus prototipos se han presentado a dos importantes empresas, fabricantes de mecanismos eléctricos y dispositivos de protección (disyuntores magneto-térmicos, diferenciales,.. etc.), las cuales han manifestado interés en su fabricación y comercialización.

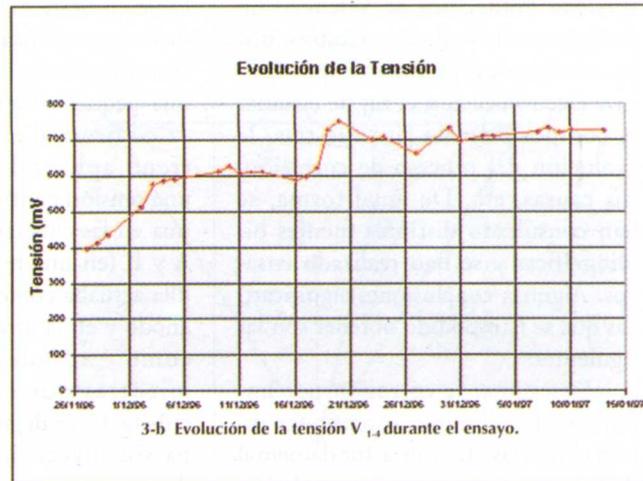


Fig. 6 - Ensayo de calentamiento en C.G.P.

Asimismo, se han mantenido conversaciones con el Servicio Territorial de Industria de Castellón para estudiar la posibilidad de implantación de estos elementos de protección, de forma obligatoria en las nuevas instalaciones de viviendas lo cual redundaría en beneficio tanto para la Empresa como para sus Clientes. ■