

RESUMEN

El campo de la ciencia donde se encuadra la presente tesis doctoral, es un campo muy antiguo y muy estudiado. La primera experiencia conocida en transmisión de energía eléctrica es atribuida a H. Fontaine en 1873 en la Exposición de Viena. Desde entonces se han desarrollado multitud de teorías sobre la potencia eléctrica, y aunque parezca poco creíble, hoy en día todavía no se ha establecido una teoría consensuada por toda la comunidad científica. No obstante, sí que hay una norma establecida que permite la construcción de los aparatos de medida bajo unos mínimos consensuados. Esta norma es la IEEE Std. 1459-2010.

Según la citada norma se establece una descomposición de la potencia eléctrica en función de sus características. Están la potencia útil y las potencias energéticamente ineficientes. Así la potencia útil se corresponde con la potencia activa, y las potencias ineficientes se corresponden con la potencia debida a los desfases entre tensión y corriente, también llamada potencia reactiva, la potencia debida a los desequilibrios de corriente y/o tensión, y la potencia de distorsión debida a las cargas no lineales.

En el año 2015, el Dr. Pedro Ángel Blasco Espinosa, presentó su tesis doctoral cuyo título es: "Formulación de la potencia de desequilibrio. Aplicación a redes eléctricas desequilibradas sinusoidales", en la cual se formulaba fasorialmente la potencia de desequilibrio, y conjuntamente con la potencia aparente de secuencia positiva, obtenía la potencia total suministrada por la red en un punto de la misma. Esta potencia coincidía con la obtenida con la norma reseñada y con la teoría de Buchholz (1922). No obstante, dejaba fuera la potencia de distorsión.

Así pues, y de acuerdo con los párrafos anteriores, esta tesis tiene dos objetivos diferenciados y complementarios entre sí. Por un lado, extender la formulación fasorial a las potencias de distorsión y por el otro, abordar la compensación de las potencias ineficientes debidas al desequilibrio.

El primer objetivo de esta tesis es el extender el fasor del Dr. Blasco, a la formulación fasorial de la potencia de distorsión. De esta forma se obtiene un procedimiento distinto y complementario al indicado en la norma reseñada, pero

sin la intención de sustituirla, para la obtención de la potencia aparente total suministrada por la red en un punto de la misma. Ello ha dado lugar al primer artículo publicado del compendio de la presente tesis titulado “Formulation of the Phasors of Apparent Harmonic Power: Application to Non-Sinusoidal Three-Phase Power Systems”, en la revista “Energies”, indexada en JCR y publicado con fecha de julio de 2018.

El segundo objetivo se centra en las potencias de desequilibrio, más concretamente en la modelización de circuitos compensadores pasivos constituidos por elementos reactivos, eliminando dichas potencias ineficientes de tal forma que no las tenga que entregar la red o el generador. En la literatura existe numerosa bibliografía al respecto, pero siempre desde la condición de que las tensiones de alimentación sean equilibradas y, además, de que se conozcan las características de la carga, tanto para sistemas eléctricos de tres como de cuatro hilos.

Este problema se resuelve mediante los filtros activos o híbridos. Estos filtros son necesarios para la eliminación o compensación de las potencias de distorsión. No obstante, estos filtros tienen un elevado coste económico respecto de los compensadores pasivos, y un consumo de energía eléctrica. Además, para muchas aplicaciones, como la mejora del factor de potencia o de la reducción de las potencias de desequilibrio, para la cual la velocidad de respuesta o la precisión de control de la compensación no son los requisitos principales, esta diferencia de costos es difícil de justificar.

La metodología de compensación que se describe en esta tesis, para sistemas a tres y cuatro hilos, no ocasiona un consumo energético adicional y es integrable en filtros híbridos, confiriéndole versatilidad y bajo coste económico.

Dadas las características y particularidades de los sistemas eléctricos a tres y cuatro hilos, especialmente en las redes de baja tensión, hace que estos deban ser estudiados de forma separada. Ello dio como resultado la publicación de dos nuevos artículos en la revista “Applied Sciences” indexada en JCR. El primer artículo titulado “Compensation of Reactive Power and Unbalanced Power in Three-Phase Three-Wire Systems Connected to an Infinite Power Network“, con

fecha de publicación diciembre de 2019, se centra en la compensación de redes trifásicas a tres hilos en una red de potencia de cortocircuito infinita, y en él se describe la metodología de compensación de las corrientes de secuencia negativa e imaginaria de secuencia positiva, las cuales son responsables de las ineficiencias debidas a las potencias de desequilibrio y de desfase o reactiva, poniendo de manifiesto la forma en la cual interactúan entre sí los diferentes dispositivos de compensación cuando el sistema de tensiones es desequilibrado. Este artículo es el segundo del compendio de la presente tesis.

El otro artículo, publicado en marzo de 2020 y titulado "Unbalanced and Reactive Currents Compensation in Three-Phase Four-Wire Sinusoidal Power Systems", se centra en la compensación de las ineficiencias ocasionadas en las redes eléctricas a 4 hilos por las corrientes de secuencia homopolar, las corrientes de secuencia negativa y la corriente positiva reactiva. Este artículo es el tercero y último del compendio de artículos de la presente tesis.