

Análisis del Efecto de la Red de Distribución Eléctrica en un Sistema de Comunicación sobre una Línea de Potencia.

Maytee Zambrano Núñez

Universidad Tecnológica de Panamá. Ciudad de Panamá, Panamá, Rep. de Panamá
maytee.zambrano@utp.ac.pa

Jean Montiel

Universidad Tecnológica de Panamá. Ciudad de Panamá, Panamá, Rep. de Panamá
jean.montiel@utp.ac.pa

ABSTRACT

El desarrollo de sistemas de comunicaciones que trabajan sobre un línea de energía requieren un estudio detallado de las características físicas del canal de transmisión, debido a que estos sistemas están plagados con los fenómenos de atenuación y dispersión. En este artículo se hace un análisis del canal de comunicación de una red de distribución expandible a diferentes niveles de voltajes (alta, media o baja tensión). Específicamente se desarrolla el modelo general del canal de una red de energía eléctrica.

INTRODUCCIÓN

El utilizar líneas de transmisión de energía como canal en sistemas de comunicación ha sido de interés desde muy temprano (Schwartz, 2009). Sin embargo sabemos que los sistemas de comunicación no prosperaron en los sistemas de potencia debido a que estos estaban impregnados de limitaciones debido a la atenuación y dispersión.

Ultimamente con el surgimiento de las redes inteligentes en donde se busca innovar con nuevos sistemas de comunicaciones capaces de operar en las redes eléctricas existentes y cobra gran importancia el conocer detalladamente el comportamiento de un canal de comunicaciones que opera sobre una red eléctrica (Lo y Ansari, 2012); (Bouhafs et al., 2012). Las redes inteligentes han evaluado el uso de las fibras ópticas y técnicas inalámbricas, sin embargo el hecho de contar con redes eléctricas instaladas potencia su uso ya que incrementa la relación costos-beneficios y porque ofrece la

oportunidad de brindar servicios añadidos a un número potencial de clientes.

Muchas líneas de pensamientos han sido desarrolladas para el análisis de un canal de comunicaciones que trabaja sobre una red eléctrica (Hassina y Machmoum,); (Zimmerman, 2012); (Esmailian, 2003); (Philipps,1999). Dependiendo del tipo de análisis, la función de transferencia del canal se basa en la teoría de líneas de transmisión eléctrica y el estudio de múltiples trayectorias separadamente. Este trabajo consiste en el desarrollo del modelo matemático generalizado del canal de comunicaciones de una red eléctrica en función de las propiedades físicas de la red y la frecuencia. El modelo es válido para cualquier nivel de voltaje y adaptable al dinamismo del cambio en el número de ramas que se conectan o desconectan a la red.

MODELO MATEMÁTICO DEL CANAL

Para nuestro análisis estableceremos un modelo en el cual el receptor está localizado en lugar más lejano del transmisor (figura 1) en donde las ramas de la red de distribución se añaden al sistema de manera dinámica y antes de la transmisión.

La respuesta al impulso en frecuencia del canal es calculada mediante el empleo de la teoría de cadenas de matrices ABCD para analizar el efecto de la longitud y localización de estas ramas. La relación de entrada salida del modelo nos define los niveles de atenuación y dispersión. Esta puede ser obtenida mediante el análisis de redes de dos puertos (Galli, 2003):

$$H_{Tx}(f) = \frac{V_L}{V_S} = \frac{Z_L}{AZ_L + B + CZ_LV_S + DZ_{Lg}}$$

Análizando el circuito equivalente de la red descrita figura 1, podemos observar que cada rama puede ser vista como una carga ($Z_L^{br_n}$) en el nodo de distribución donde está unida cada rama. Por análisis de teoría de líneas podemos fácilmente evaluar $Z_L^{br_n}$ en función de la impedancia característica de la línea Z_U y la constante de propagación γ .

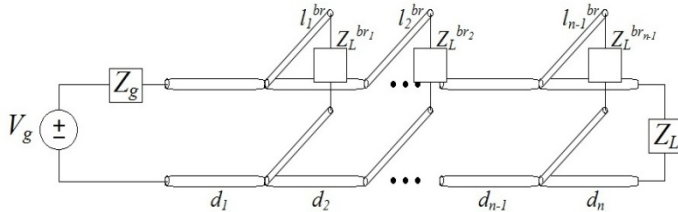


Figura 1: Modelo de red de distribución eléctrica.

La función de transferencia de la red de distribución es:

$$H_{Tx}(f) = \prod_{j=0}^{j=2(n+1)} H_j$$

Donde $H_0 = \begin{bmatrix} 1 & Z_g \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$, $H_{2n} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1/Z_{Lg} & 1 \end{bmatrix}$

y $H_j = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1/Z_L & 1 \end{bmatrix}$.

De igual manera mediante el análisis de una línea de transmisión como red de dos puertos obtenemos:

$$H_{2n-1} = \begin{bmatrix} \cosh(\gamma d_n^{br}) & Z_0 \sinh(\gamma d_n^{br}) \\ \frac{1}{Z_0} \sinh(\gamma d_n^{br}) & \cosh(\gamma d_n^{br}) \end{bmatrix}$$

Lo que nos lleva al resultado en Ec.(1).

Conclusión: Se plantea un modelo matemático generalizado del canal de comunicaciones sobre una línea de energía adaptable a los niveles de voltajes y al dinamismo de las ramas. Nuestro próximo paso será el estudio de las componentes aleatorias conjuntamente con la dispersión y atenuación en una red eléctrica utilizando el modelo descrito en este trabajo.

$$H_{Tx}(f) = \left\{ H_0 \begin{bmatrix} \cosh(\gamma d_1^{br}) + \frac{Z_0}{Z_{Lg}} \sinh(\gamma d_1^{br}) & Z_0 \sinh(\gamma d_1^{br}) \\ \frac{1}{Z_0} \sinh(\gamma d_1^{br}) + \frac{1}{Z_{Lg}} \cosh(\gamma d_1^{br}) & \cosh(\gamma d_1^{br}) \end{bmatrix} \dots \begin{bmatrix} \cosh(\gamma d_n^{br}) + \frac{Z_0}{Z_{Lg}} \sinh(\gamma d_n^{br}) & Z_0 \sinh(\gamma d_n^{br}) \\ \frac{1}{Z_0} \sinh(\gamma d_n^{br}) + \frac{1}{Z_{Lg}} \cosh(\gamma d_n^{br}) & \cosh(\gamma d_n^{br}) \end{bmatrix} \cdot H_L \right\} \quad \text{Ec. (1)}$$

REFERENCES

- Bouhafs, F., Mackay, M., & Merabti, M. (2012). Links to the future: communication requirements and challenges in the smart grid. *Power and Energy Magazine, IEEE*, 10(1), 24-32.
- Esmailian, T., Kschischang, F. R., & Glenn Gulak, P. (2003). In-building power lines as high-speed communication channels: channel characterization and a test channel ensemble. *International journal of communication systems*, 16(5), 381-400.
- GALLI, Stefano; BANWELL, Thomas. A novel approach to the modeling of the indoor power line channel-Part II: transfer function and its properties. *Power Delivery, IEEE Transactions on*, 2005, vol. 20, no 3, p. 1869-1878.
- Gotz, M., Rapp, M., & Dostert, K. (2004). Power line channel characteristics and their effect on communication system design. *Communications Magazine, IEEE*, 42(4), 78-86.
- Hassina CHAOUCHÉ, A. Z., & MACHMOUM, M. Broadband Power Line Communications: Analysis of some factors influencing the Transfer Function.
- Lo, C. H., & Ansari, N. (2011). The progressive smart grid system from both power and communications aspects. *Communications Surveys & Tutorials, IEEE*, 14(3), 799-821.
- Phillips, H.: Modelling of Powerline Communication Channels. In: Proceedings 3rd International Symposium on Power-Line Communications And Its Application (ISPLC199), 1999, p. 14-2
- Schwartz, M. (2009). Carrier-wave telephony over power lines: Early history [History of Communications]. *Communications Magazine, IEEE*, 47(1), 14-18.
- Zimmermann, M., & Dostert, K. (2002). A multipath model for the powerline channel. *Communications, IEEE Transactions on*, 50(4), 553-559.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.