

FILT 法による伝送線路網の過渡解析

A Transient Analysis of Transmission-Line Network by Fast Inverse Laplace Transform Method

吉田颯多¹, 古川慎一², 小林大輔³

Sota Yoshida¹, Shinichi Furukawa², Daisuke Kobayashi³

Abstract : Transient analysis of the transmission-line network is important to know the influence for the overhead line system due to surge and/or the pulse propagation due to noise on a communication line. In this study, the transient response of traveling waves input from multiple nodes is computed by applying the nodal equation method and FILT (Fast Inversion Laplace Transform) for transient analysis of transmission line networks. The transmission line which compose the network is a single conductor line in the overhead line system. This line takes into account the skin effect of the earth. We also analyze the case where nodes are terminated by an impedance.

伝送線路網の過渡解析は、サージによる架空線系統やノイズによる通信線路のパルス伝搬への影響を知る上で重要である。これまでの代表的な過渡解析は、進行波を伝送線路の1つの節点（以下、node と表すものとする）から入力し、1つまたは複数の node における過渡応答波形や線路上の伝搬の様子を解析することが主であった^{[1][2]}。一方で、伝送線路網の数箇所においてサージ等が短時間に連続または同時に発生する状況下では、複数の node から入力された進行波を想定し、伝送線路網の他の node に及ぼす影響を過渡解析する必要がある。

本研究では、伝送線路網の過渡解析のために節点方程式法と FILT (Fast Inverse Laplace Transform) 法^[3]を用いて、複数の node から入力された進行波の過渡応答を計算する。解析する伝送線路網の一例^[1]を図1に示す。伝送線路は架空線系統の単導体線路とする。大地上に平行に張られた単導体線路は、大地の表皮効果と導体の表皮効果を有する。このため、送端から任意の距離 x における電圧 $V(s)$ と電流 $I(s)$ の関係は次式で表される^[1]。

$$-\frac{dV(s)}{dx} = [R + sL + Z_c(s) + Z_g(s)]I(s) \quad (1)$$

$$-\frac{dI(s)}{dx} = [G + sC]V(s) \quad (2)$$

ここで、 R : 単位長当たりの抵抗, G : 単位長当たりのコンダクタンス, $L = \mu_0(2\pi)^{-1} \log_e(2h/r)$: 単位長当た

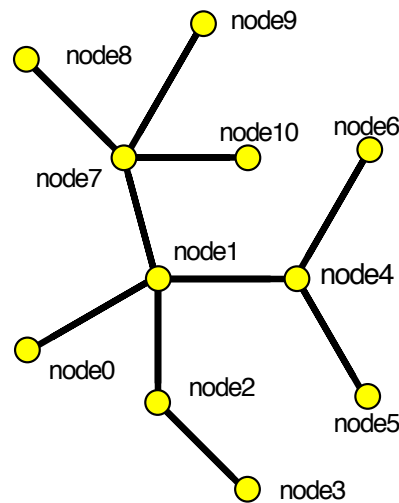


Figure 1. An example of radial networks.

りのインダクタンス, $C = 2\pi\epsilon_0[\log_e(2h/r)]^{-1}$: 単位長当たりのキャパシタンス, $Z_c(s)$: 導体の表皮効果, $Z_g(s)$: 大地の表皮効果, μ_0 : 真空中の透磁率, ϵ_0 : 真空中の誘電率, r : 導体の半径, h : 大地から導体中心までの高さである。

本研究では、node をインピーダンス $Z_i(s)$ ^{[4][5]}で終端した場合についても検討を行っている。

参考文献

[1] 市川 : 「数値逆ラプラス変換による伝送線路網における進行波の数値解析」 電気学会論文誌 B, Vol.102, No.12, pp.25-32, (1982).
 [2] P.Gomez, L.Vergara, R.Nuricumbo-Guillén, F.P.Espino-Cortés : “Two-Dimensional Definition of the Numerical Laplace Transform for Fast Computation of Transient Profiles Along Power Transmission Lines”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.31, No.1, pp.2530-2537 (2016).
 [3] T.Hosono : “Numerical inversion of laplace transform and some applications to wave optics”, Radio Science, Vol.16, No.6, pp.1015-1019, (1981).
 [4] 原・山本・林・永井 : 「雷サージ解析のための鉄塔モデル」, T.IEE Japan, Vol.114-B, No.6, pp.595-600, (1994).
 [5] 本山・松原 : 「送電鉄塔雷撃時の鉄塔および送電線の電位上昇の新計算法と計算結果」, T.IEE Japan, Vol.111-B, No.6, pp.603-610, (1991).

1 : 日大理工・院 (前)・電気 2 : 日大理工・教員・電気 3 : 佐野日本大学短期大学・教員