

ケーブル長に着目した台形波配電システムの電送特性

井本 勝* 野口 季彦 (長岡技術科学大学)

Power Transmission Characteristics of Trapezoidal-Wave Distribution System
Taking Cable Length Into Account.

Masaru Imoto*, and Toshihiko Noguchi (Nagaoka University of Technology)

1. はじめに

筆者らはコンデンサ入力形整流負荷（以降、整流回路と呼ぶ）群に特化した配電技術として台形波配電システムを提案し、既存の商用正弦波電源に比べ配電効率や入力率率、整流回路内のDCバス電圧リプル率の点で提案法が優位であることを実験的に示した^[1]。

本稿では、電源から整流回路までの配電距離（ケーブル長）に着目した提案法の電送特性について検討する。特に台形波配電では高次高調波を含有するため、ケーブルインピーダンスの影響により送電端と受電端で波形が異なり、しかも非線形な整流回路を負荷とするためその解析は困難である。ここでは計算機シミュレーションにより電圧波形、DCバス電圧リプル率、電流波形を通じてその電送特性を評価したので報告する。

2. シミュレーション条件

図1に検討対象であるシミュレーションモデルを示す。これまで実際に用いてきた3.5 [mm²]CVケーブルを配電線として採用することとし、そのパラメータは1相当り0.56 [Ω/100m], 130 [μH/100m]とした。配電

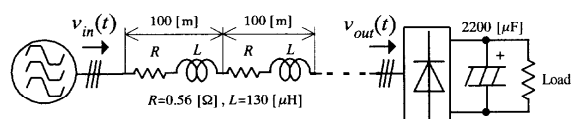


図1 シミュレーション回路モデル
Fig.1. Simulation circuit model.

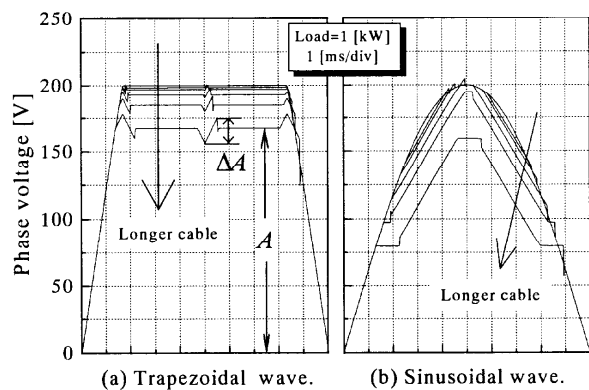


図2 受電端電圧波形

Fig.2. Receiving end voltage waveforms.

距離を100, 200, 500, 1000, 2000 [m]と変化させ上記項目を評価する。短距離配電網なのでケーブルの対地容量等は無視し、単純なR-L直列回路としてモデル化した。電源電圧はケーブル耐圧を考慮し、台形波相電圧ピーク値を200 [V], 相電圧実効値を176 [V]一定として配電を行う。また、整流回路の平滑コンデンサ容量は2200 [μF]とした。

3. シミュレーション結果

<3・1>電圧波形評価 図2に負荷1 [kW]時の受電端（整流回路入力）における1相電圧波形の半周期分を示す。送電端で、200 [V]にピークカットされた台形波電圧が入力されているが、配電距離が伸びるにつれて電圧降下が見られ、電圧転流部および平坦部中央のノッチが大きくなる。送電端、受電端での電圧をそれぞれ $v_{in}(t)$, $v_{out}(t)$ とし平均二乗誤差率 ϵ を(1)式のように定義した負荷特性を図3に示す。同図より、配線距離が伸びるにしたがってケーブル送電端と受電端における電圧波形の差が大きくなることわかる。同様に相電圧ピークを200 [V]とした三相正弦波配電時の負荷特性を同図(b)に示すが、入力電圧実効

$$\epsilon = \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [v_{in}(t) - v_{out}(t)]^2 dt}}{\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v_{in}^2(t) dt}} \times 100 [\%] \quad (1)$$

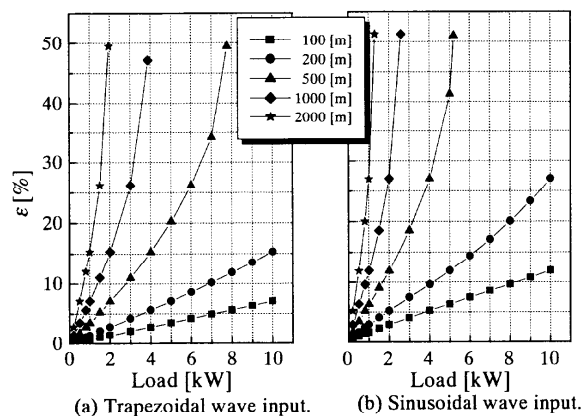


図3 平均二乗誤差率特性

Fig.3. Characteristics of mean square errors ratio.

値が141 [V]と台形波の場合に比べて低いため誤差率 ε は大きくなる。図4に台形波のノッチ特性 δ を示す。ここで、 δ は(2)式で定義され、

$$\delta = \frac{\Delta A}{A} \times 100 \quad [\%] \quad (2)$$

ΔA はノッチの大きさ [V]、 A は台形波平坦部の電圧 [V] とする。台形波平坦部のノッチは、整流後のリップルに大きく影響するため極力小さい方が望ましい。同図より配電距離が伸び、整流回路への入力電圧実効値が低下するにしたがって δ が悪化する。

<3・2> DCバス電圧評価 図5に整流回路のDCバス電圧リップル率特性を示す。台形波配電時の同図(a)では、図4で示した δ が悪化する同一箇所にてリップル率も増加する。同図(b)の正弦波入力時には配電距離が長くなるとリップル率は逆に改善する。これはケーブルインダクタンスにより電流波形の導通期間が大きくなるためである。

<3・3> 電流波形評価 図6に各配電距離に応じて負荷1 [kW]としたときの電流波形を示す。電圧および

負荷一定で、配電距離を伸ばしていくとケーブルのインピーダンス降下を補うために電流実効値が上昇する。電流THD特性を図7に示す。ケーブルインダクタンスによる電流平滑作用が働き、ケーブル長が長くなると電流THDは減少する。一方、同図(a)に示した台形波配電の場合、電流THDは30 [%]弱で元来正弦波配電に比べて良好で、減少度合いは顕著でないが、負荷の増加に伴い若干改善される傾向にある。

4. おわりに

本稿では、電源から整流回路までのケーブル長に対する台形波配電の電圧波形、DCバス電圧および電流波形について計算機シミュレーションにより評価を行った。従来、許容配電距離を100 [m]程度としていたが、それを2~3倍伸ばしても提案法の利点を生かせることが確認された。今後は模擬配電線路を試作し、実験により評価を行う予定である。

参考文献

- [1] T. Noguchi, and Y. Sato, *IPEC-Tokyo2000*, 1513.

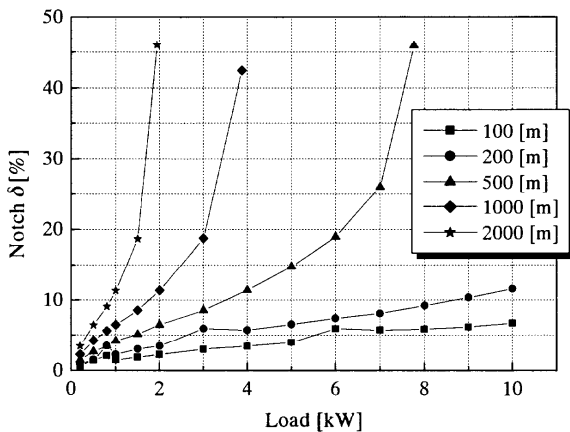


図 4 ノッチ特性

Fig.4. Notch characteristics.

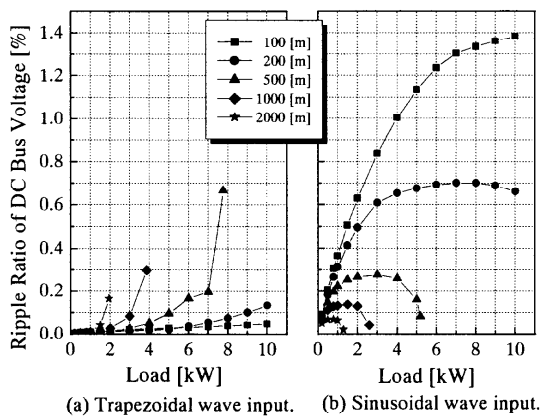
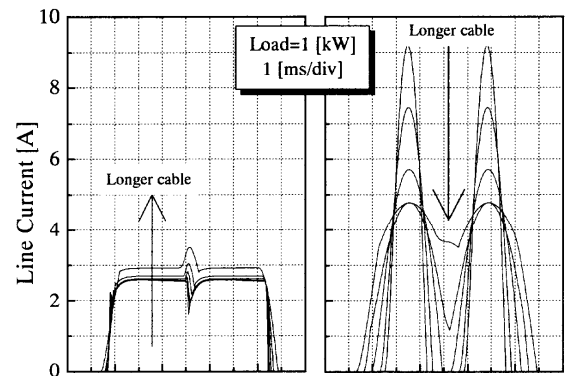


図 5 DCバス電圧リップル率特性

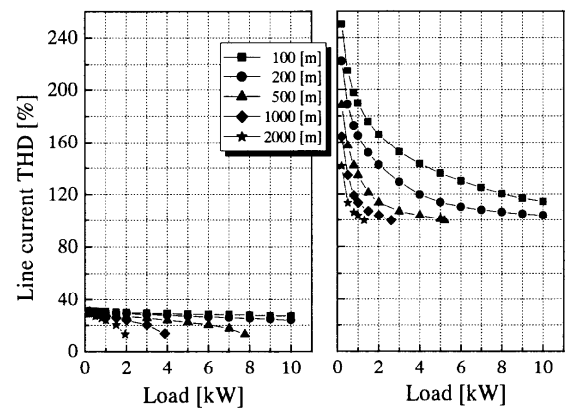
Fig.5. DC bus voltage ripple ratio characteristics.



(a) Trapezoidal wave input. (b) Sinusoidal wave input.

図 6 電流波形

Fig.6. Current waveforms.



(a) Trapezoidal wave input. (b) Sinusoidal wave input.

図 7 電流 THD 特性

Fig.7. Characteristics of current THD.