

EHF 帯までの超広帯域測定による粘度 10cs のシリコン油中 負極性 PD 電流パルス波形の立ち上がり時間の測定帯域依存性

吉田 圭佑* 友枝 渉 小坪 俊勝 大塚 信也
(九州工業大学)

1 はじめに

筆者らはこれまで、UHF 法の高度化や放電物理現象の理解を目的として、SHF 帯までの超広帯域で部分放電電流波形を測定できる装置(SHF_PDPW 装置)を構築し、同装置を用いて絶縁油中⁽¹⁾⁽²⁾での放電現象を検討している。その結果、鉱油中 PD 電流パルス波形は、7ps 程度の立ち上がり時間を有する非常に急峻な波形であり、EHF 帯までの周波数応答を有することを明らかにしている⁽²⁾。本論文では、EHF 帯(30~300GHz)の一部までの測定周波数帯域 $f_{BW}=70\text{GHz}$ を有するデジタルオシロスコープを用い、粘度 10cs のシリコン油中での PD 電流パルス波形を測定し、10ps 以下の立ち上がり時間 t_r および計測器の周波数帯域 f_{BW} が測定パルス波形に及ぼす影響を検討した。

2 実験装置と実験方法

実験装置は、基本的に従来⁽¹⁾と同様であるが、周波数帯域 $f_{BW}=70\text{GHz}$ のデジタルオシロスコープ(Tektronix、DPO77004SX、200GS/s)が適用できるよう、同軸ケーブル(潤工社、MWX061、帯域幅 67GHz)と、アッテネータ(Anritsu、帯域幅 60GHz、減衰率 20、26dB)を用い測定帯域を拡張した。シリコン油は、6 時間以上真空中で脱気脱水後、12 時間以上静置した⁽¹⁾。測定周波数帯域の検討として、本研究では最大周波数 $f_{BW}=70\text{GHz}$ 、200GS/s で測定した波形をローパスフィルタリング(LPF)処理により帯域制限した。このカットオフ周波数を f_{BWpro} と定義した⁽¹⁾。なお、オシロスコープの最大測定周波数帯域は 70GHz であるが、測定系のアッテネータにより、本測定周波数帯域は 60GHz に制限されている。

3 実験結果

図 1 に、 $f_{BW}=70\text{GHz}$ で測定した典型的な負極性 PD 電流パルス波形を示す。同図のように、10ps 以下の立ち上がり時間を有する急峻な波形が測定された。図 2 に、図 1 の PD 電流パルス波形を、 $f_{BWpro}=50, 33, 16, 8, 1\text{GHz}$ でそれぞれ LPF 処理した波形を示す。同図に示されるように、周波数帯域の低下により立ち上がり時間 t_r は増加し、電流ピーク値 I_p は低下することがわかる。同図に示されるように、 $f_{BWpro}=50\text{GHz}$ から PD 電流パルス波形の変化が認められる。図 3 に、 $f_{BW}=70\text{GHz}$ での測定結果を帯域制限して求めた t_r の帯域制限周波数 f_{BWpro} 依存性を示す。測定結果を赤、帯域制限して求めた結果を青シンボル、赤と黒の破線でオシロスコープの測定限界値を示す。同図より、 $f_{BW}=70\text{GHz}$ の測定により、 $f_{BW}=33\text{GHz}$ の測定限界値以上の立ち上がり時間を有する波形も測定された。以上の結果が示すように、シリコン油中の負極性 PD 電流パルス波形は 10ps 以下の立ち上がり時間を有する波形も存在し、33GHz 以上の帯域での測定が必要である事を示した。

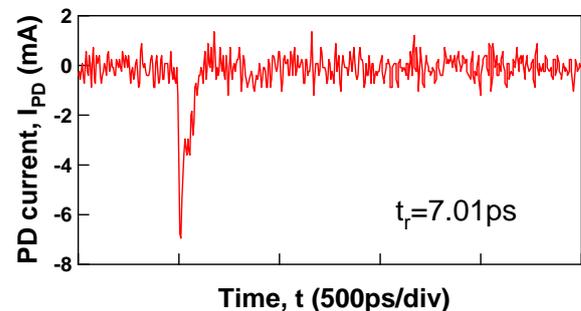


Fig. 1. Typical negative PD current pulse waveforms in silicone oil

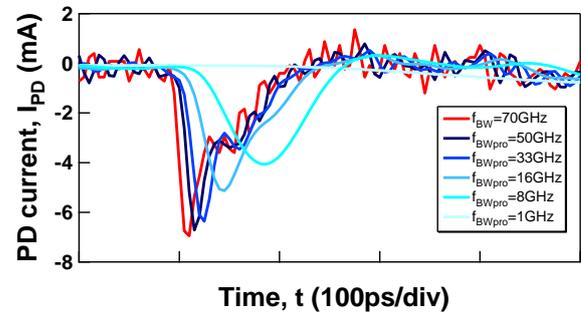


Fig. 2. Dependence of frequency bandwidth of negative PD current pulse waveforms in silicone oil

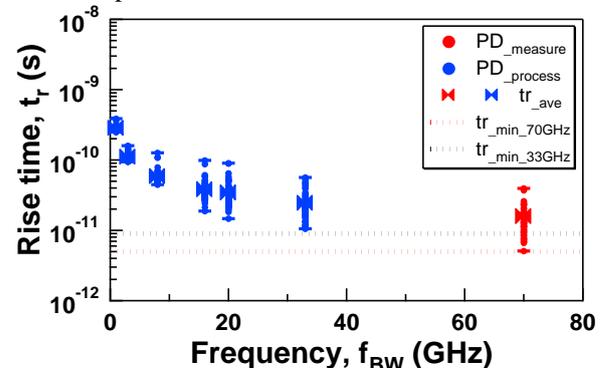


Fig. 3. Dependence of frequency bandwidth on the rise time t_r of negative PD pulse waveforms in silicone oil

まとめ

本論文では、EHF 帯までの超広帯域測定したシリコン油 10cs 中 PD 電流パルス波形の立ち上がり時間 t_r を検討した。その結果、シリコン油中負極性 PD 電流波形は 10ps 以下の立ち上がり時間を持つ波形を測定し、 $f_{BW}=33\text{GHz}$ 以上の周波数成分を有する事を示した。本研究は JSPS 科研費 26630115 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] M. Fukuzaki et al, 18th International Symposium on High Voltage Engineering, PD-44, pp.1096-1099 (2013)
- [2] 吉田 圭佑, 他, 電気学会電力・エネルギー部門大会, 10-2, 2016