

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-45927

(P2010-45927A)

(43) 公開日 平成22年2月25日(2010.2.25)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
H02J	3/00	(2006.01)	H02J 3/00	G
G06F	19/00	(2006.01)	G06F 19/00	110
G06Q	50/00	(2006.01)	G06F 17/60	110

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2008-208682 (P2008-208682)	(71) 出願人	000003687
(22) 出願日	平成20年8月13日 (2008.8.13)		東京電力株式会社
			東京都千代田区内幸町1丁目1番3号
		(74) 代理人	100067736
			弁理士 小池 晃
		(74) 代理人	100096677
			弁理士 伊賀 誠司
		(74) 代理人	100106781
			弁理士 藤井 稔也
		(74) 代理人	100113424
			弁理士 野口 信博
		(74) 代理人	100150898
			弁理士 祐成 篤哉

最終頁に続く

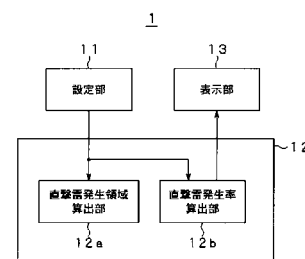
(54) 【発明の名称】 配電線直撃雷発生率の算出装置、配電線直撃雷発生率の算出方法、配電線雷事故発生率の算出装置、配電線雷事故発生率の算出方法、及び、プログラム

(57) 【要約】

【課題】単位領域で発生する落雷のうち配電系統に直撃する直撃雷が発生する配電線直撃雷発生率を容易且つ精度良く算出する配電線直撃雷発生率の算出装置を提供する。

【解決手段】直撃雷発生領域算出部 12 a により、避雷器施設率及び配電線の線路密度を考慮して、単位領域で発生する落雷のうち、この配電系統モデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生領域を算出し、直撃雷発生率算出部 12 b により、直撃雷発生領域と単位領域との面積比を用いて、配電線直撃雷発生率を容易且つ精度良く算出する。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

単位領域内を通過する配電線に設けられた避雷器の施設状況を示す避雷器施設率と、上記単位領域内を通過する配電線の線路長を示す線路密度とで決定される配電システムモデルを設定する設定部と、

上記設定部により設定された配電システムモデルのうち上記避雷器が施設されていない配電線の線路長と、落雷の雷撃電流により決定される雷撃吸引距離とから、上記単位領域内で発生する落雷のうち、この配電システムモデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生領域を算出する直撃雷発生領域算出部と、

上記直撃雷発生領域算出部により算出された直撃雷発生領域の面積を上記単位領域の面積で除して、上記単位領域で発生する落雷のうち上記配電システムモデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生率を算出する直撃雷発生率算出部と

を備える配電線直撃雷発生率の算出装置。

【請求項 2】

上記直撃雷発生領域算出部は、上記単位領域内において発生する落雷の雷撃電流毎に、上記設定部により設定された配電システムモデルのうち上記避雷器が施設されていない配電線の線路長と、上記雷撃吸引距離とから、上記直撃雷発生領域を算出し、

上記直撃雷発生率算出部は、上記直撃雷発生領域算出部により算出された各直撃雷発生領域の面積を上記単位領域の面積で除して当該雷撃電流の落雷の発生率を乗じた乗算値を積算して、上記直撃雷発生率を算出する請求項 1 記載の配電線直撃雷発生率の算出装置。

【請求項 3】

単位領域内を通過する配電線に設けられた避雷器の施設状況を示す避雷器施設率と、上記単位領域内を通過する配電線の線路長を示す線路密度とで決定される配電システムモデルを設定する設定ステップと、

上記設定ステップにより設定された配電システムモデルのうち上記避雷器が施設されていない配電線の線路長と、落雷の雷撃電流により決定される雷撃吸引距離とから、上記単位領域内で発生する落雷のうち、この配電システムモデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生領域を算出する直撃雷発生領域算出ステップと、

上記直撃雷発生領域算出ステップにより算出された直撃雷発生領域の面積を上記単位領域の面積で除して、上記単位領域で発生する落雷のうち上記配電システムモデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生率を算出する直撃雷発生率算出ステップと

を有する配電線直撃雷発生率の算出方法。

【請求項 4】

単位領域内を通過する配電線に設けられた避雷器の施設状況を示す避雷器施設率と、上記単位領域を通過する配電線の線路長を示す線路密度とで決定される配電システムモデルを設定する設定部と、

上記設定部により設定された配電システムモデルのうち上記避雷器が施設されていない配電線の線路長と、落雷の雷撃電流により決定される雷撃吸引距離とから、上記単位領域で発生する落雷のうち、この配電システムモデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生領域を算出する直撃雷発生領域算出部と、

上記単位領域内において発生される落雷位置が、上記直撃雷発生領域算出部で算出される直撃雷発生領域であるか否かを判定する直撃雷判定部と、

上記直撃雷判定部により落雷位置が上記直撃雷発生領域であると判定されたとき、上記配電システムモデルに直撃雷が発生することにより印加される電圧レベルによって雷事故が発生するか否かを判定する直撃雷事故判定部と、

上記直撃雷判定部により落雷位置が上記直撃雷発生領域でないと判定されたとき、上記配電システムモデルに誘導雷が発生することにより印加される電圧レベルによって雷事故が発生するか否かを判定する誘導雷事故判定部と、

上記配電システムモデルに所定数の落雷を発生させたときに、上記直撃雷事故判定部及び上記誘導雷事故判定部による判定結果に応じて、単位落雷数当たり配電線雷事故が発生す

10

20

30

40

50

る雷事故発生率を算出して出力する雷事故発生率算出部と
を備える配電線雷事故発生率の算出装置。

【請求項 5】

上記直撃雷発生領域算出部は、上記設定部により設定された配電システムモデルの配電線の線路長と、補正係数を乗じて補正した上記雷撃吸引距離とから、上記直撃雷発生領域を算出し、

上記補正係数は、上記設定部により設定された配電システムモデルの配電線の線路長と、該補正係数を乗じて補正した雷撃吸引距離との乗算値を上記単位領域の面積で除した値が、この配電システムモデルのうち上記避雷器が施設されていない配電線の線路長と、上記雷撃吸引距離とを乗じた乗算値を上記単位領域の面積で除して得られる、上記単位領域内において発生する落雷のうち上記直撃雷が発生する直撃雷発生率と一致するように決定された値である請求項 4 記載の配電線雷事故発生率の算出装置。

10

【請求項 6】

上記設定部は、更に上記配電線システムモデルの単位領域の土地利用区分に関する情報を設定し、

上記雷事故発生率算出部は、上記単位領域に所定数の落雷を発生させたときに、上記直撃雷事故判定部及び上記誘導雷事故判定部による判定結果に応じて算出した雷事故発生率を、上記設定部により設定された土地利用区分に関する情報で決まる区分特性係数で除して出力する請求項 4 又は 5 記載の配電線雷事故発生率の算出装置。

【請求項 7】

20

上記設定部は、更に上記単位領域で観測される単位落雷観測数当たりの落雷数を示す多重度情報と、この単位領域内で予測される落雷予測数とを設定し、

上記雷事故発生率算出部は、上記単位領域に所定数回の落雷を発生させたときに、上記直撃雷事故判定部及び上記誘導雷事故判定部による判定結果に応じて算出した雷事故発生率を出力するとともに、この雷事故発生率を上記落雷予測数で乗じて上記設定部により設定された多重度情報で決まる多重度係数で除した値を、雷事故予測件数として出力する請求項 4 乃至 6 のうちいずれか 1 項記載の配電線雷事故発生率の算出装置。

【請求項 8】

単位領域内を通過する配電線に設けられた避雷器の施設状況を示す避雷器施設率と、上記単位領域を通過する配電線の線路長を示す線路密度とで決定される配電システムモデルを設定する設定ステップと、

30

上記設定ステップにより設定された配電システムモデルのうち上記避雷器が施設されていない配電線の線路長と、落雷の雷撃電流により決定される雷撃吸引距離とから、上記単位領域で発生する落雷のうち、この配電システムモデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生領域を算出する直撃雷発生領域算出ステップと、

上記単位領域内において発生される落雷位置が、上記直撃雷発生領域算出ステップで算出される直撃雷発生領域であるか否かを判定する直撃雷判定ステップと、

上記直撃雷判定ステップにより落雷位置が上記直撃雷発生領域であると判定されたとき、上記配電システムモデルに直撃雷が発生することにより印加される電圧レベルによって雷事故が発生するか否かを判定する直撃雷事故判定ステップと、

40

上記直撃雷判定ステップにより落雷位置が上記直撃雷発生領域でないと判定されたとき、上記配電システムモデルに誘導雷が発生することにより印加される電圧レベルによって雷事故が発生するか否かを判定する誘導雷事故判定ステップと、

上記配電線システムモデルに所定数の落雷を発生させたときに、上記直撃雷事故判定部及び上記誘導雷事故判定部による判定結果に応じて、単位落雷数当たり配電線雷事故が発生する雷事故発生率を算出して出力する雷事故発生率算出ステップと

を有する配電線雷事故発生率の算出方法。

【請求項 9】

単位領域内を通過する配電線に設けられた避雷器の施設状況を示す避雷器施設率と、上記単位領域を通過する配電線の線路長を示す線路密度とで決定される配電システムモデルを設

50

定する設定ステップと、

上記設定ステップにより設定された配電システムモデルのうち上記避雷器が施設されていない配電線の線路長と、落雷の雷撃電流により決定される雷撃吸引距離とから、上記単位領域で発生する落雷のうち、この配電システムモデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生領域を算出する直撃雷発生領域算出ステップと、

上記単位領域内において発生される落雷位置が、上記直撃雷発生領域算出ステップで算出される直撃雷発生領域であるか否かを判定する直撃雷判定ステップと、

上記直撃雷判定ステップにより落雷位置が上記直撃雷発生領域であると判定されたとき、上記配電システムモデルに直撃雷が発生することにより印加される電圧レベルによって雷事故が発生するか否かを判定する直撃雷事故判定ステップと、

上記直撃雷判定ステップにより落雷位置が上記直撃雷発生領域でないと判定されたとき、上記配電システムモデルに誘導雷が発生することにより印加される電圧レベルによって雷事故が発生するか否かを判定する誘導雷事故判定ステップと、

上記配電線システムモデルに所定数の落雷を発生させたときに、上記直撃雷事故判定部及び上記誘導雷事故判定部による判定結果に応じて、単位落雷数当たり配電線雷事故が発生する雷事故発生率を算出して出力する雷事故発生率算出ステップと

を有する配電線雷事故発生率の算出処理をコンピュータに実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、単位領域で発生する落雷のうち配電システムに直撃する直撃雷が発生する配電線直撃雷発生率を算出する配電線直撃雷発生率の算出装置、及び配電線直撃雷発生率の算出方法、並びに、この直撃雷発生率を用いて、単位落雷数当たり配電システムに雷事故が発生する配電線雷事故発生率を算出する配電線雷事故発生率の算出装置、配電線雷事故発生率の算出方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

電力システムの一部を構成する変電所は、その変電所に接続された配電線及び配電線近傍に落雷して配電システムに短絡や地絡が発生した場合に、事故電流が流れ続けるのを防止するため、電力供給を停止する。このような電力供給の停止は、配電線雷事故と呼ばれる。

【0003】

このように自然現象である雷は、供給支障を含む配電線事故要因の一つであり、配電線には、このような配電線雷事故を防止する耐雷対策として、避雷器や架空地線などの各種耐雷機材を用いた対策を実施している。

【0004】

配電線耐雷設計の合理化検討において E M T P (Electro Magnetic Transients Program) 解析等の手法が用いられるようになってきている。例えば非特許文献 1 には、電気幾何学モデルにおける雷撃吸引の算定式を用いて、配電設備への直撃雷と配電線近傍落雷による誘導雷の発生頻度を算出することにより、配電線の雷事故発生頻度を計算する検討がなされている。

【0005】

【非特許文献 1】電気学会技術報告第 937 号「配電線雷スパークオーバー発生率予測手法の現状と今後の課題」

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、一般的に配電線は送電線と比較して地上高が低く、配電線周囲には家屋、ビル、樹木等の様々な構造物が存在しうるため、実配電設備への直撃雷、ならびに誘導雷の発生確率を正確に予測することは極めて難しい。雷事故計算の精度向上を図るためには、実配電線における雷撃様相を把握し、解析手法に反映させることが必要である。

【 0 0 0 7 】

そこで、本発明は、このような実情に鑑みて提案されたものであり、単位領域で発生する落雷のうち配電系統に直撃する直撃雷が発生する配電線直撃雷発生率を容易且つ精度良く算出する配電線直撃雷発生率の算出装置、及び配電線直撃雷発生率の算出方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 8 】

また、本発明の他の目的としては、この直撃雷発生率を用いて、単位落雷数当たり配電系統に雷事故が発生する配電線雷事故発生率を容易且つ精度良く算出する配電線雷事故発生率の算出装置、配電線雷事故発生率の算出方法及びプログラムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上述した課題を解決するために、本発明に係る配電線直撃雷発生率の算出装置は、単位領域内を通過する配電線に設けられた避雷器の施設状況を示す避雷器施設率と、単位領域内を通過する配電線の線路長を示す線路密度とで決定される配電系統モデルを設定する設定部と、設定部により設定された配電系統モデルのうち避雷器が施設されていない配電線の線路長と、落雷の雷撃電流により決定される雷撃吸引距離とから、単位領域内で発生する落雷のうち、この配電系統モデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生領域を算出する直撃雷発生領域算出部と、直撃雷発生領域算出部により算出された直撃雷発生領域の面積を単位領域の面積で除して、単位領域で発生する落雷のうち配電系統モデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生率を算出する直撃雷発生率算出部とを備える。

【 0 0 1 0 】

また、本発明に係る配電線直撃雷発生率の算出方法は、単位領域内を通過する配電線に設けられた避雷器の施設状況を示す避雷器施設率と、単位領域内を通過する配電線の線路長を示す線路密度とで決定される配電系統モデルを設定する設定ステップと、設定ステップにより設定された配電系統モデルのうち避雷器が施設されていない配電線の線路長と、落雷の雷撃電流により決定される雷撃吸引距離とから、単位領域内で発生する落雷のうち、この配電系統モデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生領域を算出する直撃雷発生領域算出ステップと、直撃雷発生領域算出ステップにより算出された直撃雷発生領域の面積を単位領域の面積で除して、単位領域で発生する落雷のうち配電系統モデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生率を算出する直撃雷発生率算出ステップとを有する。

【 0 0 1 1 】

また、本発明に係る配電線雷事故発生率の算出装置は、単位領域内を通過する配電線に設けられた避雷器の施設状況を示す避雷器施設率と、単位領域を通過する配電線の線路長を示す線路密度とで決定される配電系統モデルを設定する設定部と、設定部により設定された配電系統モデルのうち避雷器が施設されていない配電線の線路長と、落雷の雷撃電流により決定される雷撃吸引距離とから、単位領域で発生する落雷のうち、この配電系統モデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生領域を算出する直撃雷発生領域算出部と、単位領域内において発生される落雷位置が、直撃雷発生領域算出部で算出される直撃雷発生領域であるか否かを判定する直撃雷判定部と、直撃雷判定部により落雷位置が直撃雷発生領域であると判定されたとき、配電系統モデルに直撃雷が発生することにより印加される電圧レベルによって雷事故が発生するか否かを判定する直撃雷事故判定部と、直撃雷判定部により落雷位置が直撃雷発生領域でないと判定されたとき、配電系統モデルに誘導雷が発生することにより印加される電圧レベルによって雷事故が発生するか否かを判定する誘導雷事故判定部と、配電線系統モデルに所定数の落雷を発生させたときに、直撃雷事故判定部及び誘導雷事故判定部による判定結果に応じて、単位落雷数当たり配電線雷事故が発生する雷事故発生率を算出して出力する雷事故発生率算出部とを備える。

【 0 0 1 2 】

また、本発明に係る配電線雷事故発生率の算出方法は、単位領域内を通過する配電線に設けられた避雷器の施設状況を示す避雷器施設率と、単位領域を通過する配電線の線路長を示す線路密度とで決定される配電系統モデルを設定する設定ステップと、設定ステップ

10

20

30

40

50

により設定された配電システムモデルのうち避雷器が施設されていない配電線の線路長と、落雷の雷撃電流により決定される雷撃吸引距離とから、単位領域で発生する落雷のうち、この配電システムモデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生領域を算出する直撃雷発生領域算出ステップと、単位領域内において発生される落雷位置が、直撃雷発生領域算出ステップで算出される直撃雷発生領域であるか否かを判定する直撃雷判定ステップと、直撃雷判定ステップにより落雷位置が直撃雷発生領域であると判定されたとき、配電システムモデルに直撃雷が発生することにより印加される電圧レベルによって雷事故が発生するか否かを判定する直撃雷事故判定ステップと、直撃雷判定ステップにより落雷位置が直撃雷発生領域でないと判定されたとき、配電システムモデルに誘導雷が発生することにより印加される電圧レベルによって雷事故が発生するか否かを判定する誘導雷事故判定ステップと、配電システムモデルに所定数の落雷を発生させたときに、直撃雷事故判定部及び誘導雷事故判定部による判定結果に応じて、単位落雷数当たり配電線雷事故が発生する雷事故発生率を算出して出力する雷事故発生率算出ステップとを有する。

10

【0013】

また、本発明に係るプログラムは、電気通信回線、記録媒体を介して拡布されるプログラムであって、コンピュータにインストールされることで本発明に係る配電線雷事故発生率の算出方法をコンピュータに実行させるものである。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、避雷器施設率及び配電線の線路密度を考慮して、単位領域で発生する落雷のうち、この配電システムモデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生領域を算出し、この直撃雷発生領域を直撃雷が発生するか否かを判断するための定量的な判断指標とし、この直撃雷発生領域と単位領域との面積比から、配電線直撃雷発生率を容易且つ精度良く算出することができる。

20

【0015】

また、本発明によれば、避雷器施設率及び配電線の線路密度を考慮して、単位領域で発生する落雷のうち、この配電システムモデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生領域を算出するので、この直撃雷発生領域を用いて直撃雷が発生するか否かを定量的に判断して、単位落雷数当たり配電システムに雷事故が発生する配電線雷事故発生率を容易且つ精度良く算出することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

< 直撃雷発生率の算出装置 >

以下、本発明が適用された配電線直撃雷発生率の算出装置について、図面を参照しながら詳細に説明する。この算出装置は、避雷器施設率及び配電線の線路密度を考慮して、単位領域で発生する落雷のうち配電システムに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生率を算出する装置である。

【0017】

まず、直撃雷発生率算出装置の具体的な構成及び動作に係る説明に先立ち、配電システムに直撃する直撃雷の発生頻度について、図1に示す実測結果を用いて分析する。

40

【0018】

図1は、避雷器施設率と、配電線路密度とをそれぞれ2種類ずつに分類した合計4種類の直撃雷発生率の実測値を示すグラフである。

【0019】

ここで、避雷器施設率とは、配電線に設けられた全架空配電柱に対する避雷器施設柱の割合を示し、具体的に避雷器には変圧器等に内蔵されるZnO素子も含まれる。一方、配電線線路密度は1[km²]の単位領域内に施設される配電線路長を示す。また、直撃雷とは架空地線、電力線、柱体を含む配電設備への雷撃であり、これに対して誘導雷とは配電設備直撃雷以外の雷撃である。

【0020】

50

図 1 に示すように、避雷器施設率が小さく、配電線路密度が大きい配電系統ほど、直撃雷発生率が高くなる傾向が確認できる。これは以下の理由による。すなわち、避雷器は機器（変圧器、開閉器等）を保護するために取付けられるが、通常、これらの機器から需要家に電力が供給されるため、配電線周辺には家やビルなどの構造物が存在する。したがって、避雷器施設率が大きい程、相対的に配電設備へ直撃雷が発生する確率が低くなる。よって、避雷器施設率は需要家への電力を供給する機器の施設率とほぼ等しい。一方、配電線路密度が大きくなると、配電設備への雷撃吸引範囲が増加するため直撃率が高くなる。

【0021】

以上のような、分析結果に基づいて精度良く直撃雷発生率を算出するため、本発明が適用された直撃雷発生率算出装置 1 は、図 2 に示すような構成を備える。

10

【0022】

すなわち、直撃雷発生率算出装置 1 は、図 2 に示すように、汎用のコンピュータにソフトウェアをインストールすることによって実現される装置であり、ハードウェア構成として、キーボードやマウスなどによりデータが設定される設定部 11 と、CPU や RAM 等で構成され設定部 11 に入力されたデータに応じて演算処理を行う演算部 12 と、演算部 12 による演算結果を表示する液晶表示装置などの表示部 13 とを備えている。

【0023】

設定部 11 は、単位領域内を通過する配電線に設けられた避雷器の施設状況を示す避雷器施設率と、単位領域内を通過する配電線の線路長を示す線路密度とで決定される配電系統モデルを設定する。

20

【0024】

具体例として、設定部 11 は、線路密度が $1 [km/km^2]$ 、避雷器施設率が 40% のとき、図 3 (A) に示すように、単位領域を縦 $1 [km]$ × 横 $1 [km]$ の矩形領域として、この単位領域を 2 分割する中心軸上に長さ $1 [km]$ の配電線 101 を配置する。そして、設定部 11 は、この配電線 101 に接続された 5 本の配電柱 101a ~ 101e のうち、60% の部分を避雷器 Tr が施設されていない配電柱 101a ~ 101c とし、残りの 40% の部分を避雷器が施設されている配電柱 101d、101e とした配電系統モデル 100 を設定する。また、設定部 11 は、 $6 [km/km^2]$ の値のように線路密度が比較的大きく、図 3 (B) に示すように配電線の線路が交差するような配電系統の場合には、図 3 (C) に示すように、縦の長さ $y [km]$ 、横の長さ $1 [km]$ で決まる矩形形状の単位領域の面積を調整してこの領域を 2 分割する中心軸上に配電線を配置することで、線路密度が等価となる配電系統モデルを設定する。このようにして、線路密度が等価となる配電系統モデルを設定することで、後述する直撃雷発生領域を容易に算出することができる。

30

【0025】

設定部 11 により設定された配電系統モデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生率を算出するため、演算部 12 は、直撃雷発生領域を算出する直撃雷発生領域算出部 12a と、算出した直撃雷発生領域から直撃雷発生率を算出する直撃雷発生率算出部 12b とを備える。

【0026】

直撃雷発生領域算出部 12a は、設定部 11 により設定された配電系統モデルのうち避雷器が施設されていない配電線の線路長と、落雷の雷撃電流により決定される雷撃吸引距離とから、単位領域内で発生する落雷のうち、この配電系統モデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生領域を算出する。

40

【0027】

具体的に、直撃雷発生領域算出部 12a は、上述した分析結果に基づいて、避雷器施設率が X% の場合、配電線の X% に相当する線路部分は周辺の建築物の遮蔽効果により直撃雷が発生しないものとし、避雷器が施設されていない残りの部分に下記の (1) 式を適用して直撃雷が発生する範囲（すなわち、雷撃吸引範囲）を算出する。

【0028】

50

【数 1】

$$r = 8 \times I^{0.65} \dots (1)$$

【0029】

ここで、I は雷撃電流値である。

【0030】

(1) 式は、図 4 (A) に示すように、構造物が無い場合、配電線への雷撃吸引距離 r を算出する式であって I E E E で推奨されている。ここで、電柱頂 200、またはこの電柱に接続された架空地線へ雷が吸引されて直撃雷となる雷撃範囲は、図 4 (A) に示す雷撃吸引距離 r で囲まれる領域 Area 1 で表される。また、電柱頂 200、または架空地線へ雷が吸引されず雷撃電流が誘導されて配電系統に流れ込む誘導雷となる範囲は、雷撃吸引距離 r より離れた領域 Area 2 で表される。

10

【0031】

例えば、設定部 11 により上述した配電系統モデル 100 が設定された場合、直撃雷発生領域算出部 12a は、雷撃電流 26 [kA] に対応する雷撃吸引距離 0.0776 [km] における直撃雷発生領域を次のように求める。すなわち、直撃雷発生領域算出部 12a は、配電系統モデル 100 のうち避雷器 Tr が施設されていない配電柱 101a ~ 101c が接続された配電線の線路長である 0.6 [km] と、雷撃吸引距離である 0.0776 [km] との乗算結果から、図 4 (B) の斜線部に示すような直撃雷発生領域 102 を算出する。

20

【0032】

このようにして、直撃雷発生領域算出部 12a は、単位領域内において発生する落雷の雷撃電流毎に、設定部 11 により設定された配電系統モデルのうち避雷器 Tr が施設されていない配電線の線路長と、雷撃吸引距離とから、それぞれ直撃雷発生領域を算出する。そして、直撃雷発生領域算出部 12a は、各雷撃電流に対応する直撃雷発生領域に関する情報を直撃雷発生率算出部 12b に通知する。

【0033】

直撃雷発生率算出部 12b は、直撃雷発生領域算出部 12a により算出された直撃雷発生領域の面積を単位領域の面積で除して、単位領域で発生する落雷のうち配電系統モデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生率 D (I) を算出する。

30

【0034】

具体的に、直撃雷発生率算出部 12b は、直撃雷発生領域算出部 12a により算出された各直撃雷発生領域の面積を単位領域の面積で除して当該雷撃電流の落雷の発生率を乗じた乗算値を積算して直撃雷発生率を算出する。すなわち、直撃雷発生率算出部 12b は、雷撃電流 I [kA] における直撃雷発生率 D (I)、雷撃電流 I の落雷が発生する確率密度関数を P (I)、避雷器施設率を x %、線路密度を y [km / km²] とし、単位落雷当たりの直撃雷発生率 Dp (x, y) を、下記の (2) 式より算出する。

【0035】

40

【数 2】

$$Dp(x, y) = \sum_{I=1kA}^{200kA} \int_I^{I+1} P(I)D(I)dI \dots (2)$$

$$P(I) = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^{\log I} e^{-\frac{(x - \log \mu)^2}{2\sigma^2}} dx$$

50

【0036】

なお、上記の(2)式は、避雷器施設率が $x\%$ 、線路密度が $y[km/km^2]$ であり、単位領域に発生する落雷の雷撃電流が $1[kA] \sim 200[kA]$ までを想定した場合の直撃雷発生率を算出する式である。

【0037】

以上のような構成からなる直撃雷発生率算出装置1は、直撃雷発生領域算出部12aにより、避雷器施設率及び配電線の線路密度を考慮して、単位領域で発生する落雷のうち、この配電システムモデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生領域を算出し、直撃雷発生率算出部12bにより、直撃雷発生領域と単位領域との面積比を用いて、配電線直撃雷発生率を容易且つ精度良く算出することができる。

10

【0038】

このようにして、精度良く配電線直撃雷発生率を算出できるのは、避雷器施設率及び配電線の線路密度を考慮して直撃雷発生領域を算出するからである。

【0039】

具体的に、上述した図1に示した避雷器施設率及び配電線の線路密度と同じ条件下で、直撃雷発生率算出装置1により算出された配電線直撃雷発生率を図5(A)に示す。また、比較例として、避雷器施設率を考慮せず、単に配電線路長と雷撃吸引距離との乗算を単位領域の面積で除して得られる配電線直撃雷発生率を図5(B)に示す。

【0040】

図5(A)、図5(B)とを比較すると、図5(A)で示した直撃雷発生率算出装置1により算出される直撃雷発生率が、図1に示した実測値と精度良く一致していることが分かる。このように、本発明が適用された直撃雷発生率算出装置1は、配電システムモデルのうち避雷器が施設されていない配電線の線路長と、落雷の雷撃電流により決定される雷撃吸引距離とから、精度良く直撃雷発生領域を算出することができ、さらにこの直撃雷発生領域を直撃雷が発生するか否かを判断するための定量的な判断指標とし、直撃雷発生領域と単位領域の面積比から、容易且つ精度良く直撃雷発生率を算出することができる。

20

【0041】

<雷事故発生率の算出装置>

次に、本発明が適用された配電線直撃雷発生率の算出装置について説明する。この算出装置は、避雷器施設率及び配電線の線路密度を考慮して、単位領域で発生する落雷によって配電システムで発生する配電線雷事故発生率を算出する装置である。

30

【0042】

まず、配電線雷事故発生率算出装置の具体的な構成及び動作に係る説明に先立ち、落雷により発生する配電線雷事故の発生頻度について、図6に示す実測結果に基づいて分析する。

【0043】

図6は、或る地域においてカメラ観測により推定した直撃雷と誘導雷との発生比率に対応付けた配電線事故発生数の実測数を示すグラフである。図6においては、配電線事故(36件)の83%(30件)が直撃雷によるものであることを示している。また、直撃雷による事故発生確率が48%(=30件/62件)であるのに対して、誘導雷による事故発生頻度は3%(=6件/222件)である。これらの結果は、実配電線の雷事故の主要因は直撃雷によることを示唆している。この分析結果より、配電線雷事故数を予測するには、直撃雷を精密に模擬することが重要であることが分かる。

40

【0044】

そこで、本発明が適用された雷事故発生率算出装置2は、上述した分析結果に基づいて精度良く配電線雷事故発生率を算出するため、上述した直撃雷発生率算出装置1で算出される直撃雷発生領域を利用して、配電線雷事故発生率を精度良く算出するため、図7に示すような構成を備える。

【0045】

すなわち、雷事故発生率算出装置2は、図7に示すように、汎用のコンピュータにソフ

50

トウェアをインストールすることによって実現される装置であり、ハードウェア構成として、キーボードやマウスなどによりデータが設定される設定部 2 1 と、CPU や RAM 等で構成され設定部 2 1 に入力されたデータに応じて演算処理を行う演算部 2 2 と、演算部 2 2 による演算結果を表示する液晶表示装置などの表示部 2 3 とを備えている。

【0046】

設定部 2 1 は、単位領域内を通過する配電線に設けられた避雷器の施設状況を示す避雷器施設率と、単位領域内を通過する配電線の線路長を示す線路密度とで決定される配電システムモデルを設定する。

【0047】

また、設定部 2 1 は、精密に落雷によって発生する配電線雷事故をより正確に模擬するため、更に上記配電線システムの単位領域の土地利用区分に関する情報と、カメラ観測等により観測される単位落雷観測数当たりの落雷数を示す多重度情報を設定する。また、雷事故発生率算出装置 2 において雷事故予測件数を算出する場合、設定部 2 1 は、単位領域内で予測される落雷予測数を設定する。

【0048】

設定部 2 1 により設定された配電システムモデルにおいて、単位落雷数当たりの配電線雷事故発生率を算出するため、演算部 2 2 は、次のような処理部からなる。すなわち、演算部 2 2 は、直撃雷発生領域を算出する直撃雷発生領域算出部 2 2 a と、単位領域で発生する落雷が配電システムへの直撃雷となるか否かを判定する直撃雷判定部 2 2 b とを備える。また、演算部 2 2 は、配電システムに直撃雷が発生することにより印加される電圧レベルによって雷事故が発生するか否かを判定する直撃雷事故判定部 2 2 c と、配電システムに誘導雷が発生することにより印加される電圧レベルによって雷事故が発生するか否かを判定する誘導雷事故判定部 2 2 d とを備える。さらに、演算部 2 2 は、直撃雷事故判定部 2 2 c 及び誘導雷事故判定部 2 2 d による判定結果に応じて雷事故発生率を算出する雷事故発生率算出部 2 2 e を備える。

【0049】

直撃雷発生領域算出部 2 2 a は、設定部 2 1 により設定された配電システムモデルのうち避雷器が施設されていない配電線の線路長と、落雷の雷撃電流により決定される雷撃吸引距離とから、単位領域で発生する落雷のうち、この配電システムモデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生領域を算出する。

【0050】

具体的に、直撃雷発生領域算出部 2 2 a は、避雷器施設率が X % の場合、配電線の X % に相当する線路部分は周辺の建築物の遮蔽効果により直撃雷が発生しないものとし、避雷器が施設されていない残りの部分に下記の (3) 式を適用して直撃雷が発生する雷撃吸引範囲を算出する。

【0051】

【数 3】

$$r = 8 \times I^{0.65} \cdots (3)$$

【0052】

ここで、I は雷撃電流値である。

【0053】

例えば、設定部 2 1 により図 8 (A) に示すような合計 5 つの配電柱 3 0 0 a ~ 3 0 0 e からなる配電システムモデル 3 0 0 が設定された場合、直撃雷発生領域算出部 2 2 a は、避雷器 T r が施設されていない配電柱 3 0 0 a ~ 3 0 0 c に接続された配電線の線路長である 0 . 6 [k m] と、雷撃吸引距離 0 . 0 7 7 6 [k m] との乗算結果から、図 8 (A) の斜線で示される矩形領域を直撃雷発生領域 3 0 1 として算出する。

【0054】

このようにして、演算部 22 では、直撃雷発生領域算出部 22 a により、図 8 (A) の斜線で示される直撃雷発生領域 301 を算出して、この直撃雷発生領域 301 を判定指標として直撃雷が発生するか否かを判定して、配電線雷事故発生率を算出することができる。

【 0055 】

ところで、配電線雷事故発生率を精度良く算出するためには、避雷器が設けられた電柱への落雷パターンと接地された電柱への落雷パターンを複数設定して各パターンを考慮した試行数の落雷を模擬して配電線雷事故となるかを判定する必要がある。したがって、図 8 (A) に示すような配電システムモデル 300 を仮定して配電線雷事故を模擬することは可能であるものの、演算処理が複雑である。

10

【 0056 】

そこで、雷事故発生率の算出精度を保障しつつ上述した演算処理の簡略化を図るため、直撃雷発生領域算出部 22 a は、図 8 (A) に示すような配電システムモデル 300 に対して、直撃雷発生率が一致するという意味で等価な解析モデル系統 400 に変換する。ここで、解析モデル系統 400 は、避雷器施設率と線路密度が配電システムモデル 300 と同様な、合計 5 つの配電柱 400 a ~ 400 e からなる配電システムモデルである。直撃雷発生領域算出部 22 a は、図 8 (B) に示すように、避雷器の有無に関わらず全ての配電柱 400 a ~ 400 e と接続された配電線の線路長と雷撃吸引距離とにより決まる直撃雷発生領域 401 を算出する。すなわち、直撃雷発生領域算出部 22 a は、設定部 21 により設定された配電システムモデルの配電線の線路長と、下記の (4) 式に従って補正係数 C を乗じて補正した雷撃吸引距離 r とから、解析モデル系統の直撃雷発生領域を算出する。

20

【 0057 】

【 数 4 】

$$r = C \times 8 \times I^{0.65} \cdots (4)$$

【 0058 】

ここで、補正係数 C は、配電システムモデルの配電線の線路長と、(4) 式により得られる雷撃吸引距離との乗算値を単位領域の面積で除した値が、この配電システムモデルのうち避雷器が施設されていない配電線の線路長と、(3) 式により得られる雷撃吸引距離とを乗じた乗算値を単位領域の面積で除して得られる直撃雷発生率と一致するように決定された値である。

30

【 0059 】

直撃雷発生領域算出部 22 a は、まず、避雷器が施設されていない配電線の線路長と、(3) 式により得られる雷撃吸引距離とを乗じた乗算値を単位領域の面積で除して得られる直撃雷発生率を算出して、この算出結果を用いて補正係数 C を導出するようにしても良いし、下記の処理に従って予め避雷器施設率と線路密度に対応付けた補正係数 C を記憶した補正係数テーブル 22 f を設けていることで、更に演算処理工程の簡略化を図ることができる。

【 0060 】

例えば、下記の表 1 に示すように、避雷器が施設されていない配電線の線路長と、(3) 式により得られる雷撃吸引距離とから得られる直撃雷発生率を配電システムモデルの設備条件に応じて算出する。

40

【 0061 】

【表 1】

		耐雷設備施設率[%]				
		0%	30%	50%	70%	100%
線 路 密 度 [km/km ²]	1	8	6	4	2	0
	4	29	21	15	9	0
	8	53	39	29	18	0
	12	71	56	42	27	0
	16	83	67	53	34	0

10

【 0 0 6 2 】

そして、補正係数テーブル 2 2 f は、表 1 で示される直撃雷発生率が (4) 式により得られる雷撃吸引距離との乗算値を単位領域の面積で除した値と一致するような補正係数 A (= C × 8) を表 2 に示すように記憶する。

【 0 0 6 3 】

【表 2】

		耐雷設備施設率				
		0%	30%	50%	70%	100%
線 路 密 度 [km/km ²]	1	8.00	4.80	2.40	0.15	0.00
	4	7.20	4.00	2.40	1.36	0.00
	8	5.76	3.44	2.24	1.36	0.00
	12	4.80	3.30	2.16	1.36	0.00
	16	3.76	2.72	2.00	1.28	0.00

20

【 0 0 6 4 】

以上のようにして、直撃雷発生領域算出部 2 2 a は、設定部 2 1 からの情報に基づいて、補正係数テーブル 2 2 f から補正係数 C を参照して、配電システムモデルの配電線の線路長と、(4) 式に従って補正係数 C を乗じて補正した雷撃吸引距離 r とから、解析モデル系統の直撃雷発生領域を算出する。そして、直撃雷発生領域算出部 2 2 a は、算出した解析モデル系統の直撃雷発生領域を直撃雷判定部 2 2 b に通知する。

30

【 0 0 6 5 】

直撃雷判定部 2 2 b は、単位領域内において発生される落雷位置が、直撃雷発生領域算出部 2 2 a で算出される直撃雷発生領域であるか否かを判定する。そして、直撃雷判定部 2 2 b は、判定結果を直撃雷事故判定部 2 2 c 及び誘導雷事故判定部 2 2 d にそれぞれ通知する。

【 0 0 6 6 】

直撃雷事故判定部 2 2 c は、直撃雷判定部 2 2 b により落雷位置が直撃雷発生領域であると判定されたとき、配電システムモデルに直撃雷が発生することにより印加される電圧レベルによって雷事故が発生するか否かを判定する。これに対して、誘導雷事故判定部 2 2 d は、直撃雷判定部 2 2 b により落雷位置が直撃雷発生領域でないと判定されたとき、配電システムモデルに誘導雷が発生することにより印加される電圧レベルによって雷事故が発生するか否かを判定する。

40

【 0 0 6 7 】

具体的に、直撃雷事故判定部 2 2 c 及び誘導雷事故判定部 2 2 d では、E M T P 過電圧解析モデルを用いて落雷による配電システムモデルの動作を模擬することにより、雷事故が発生するか否かを判定する。本実施形態では、E M T P 過電圧解析モデルの一例として、図 9 に示すように、架空地線 1 相、高圧線 3 相、共同アース線 1 相の 5 相分布定数で配電線を模擬して線路定数を求めた。観測地区内の設備データを基に設定した解析条件は、表 3 のようにした。

50

【 0 0 6 8 】

【 表 3 】

Lightning path impedance	400 Ω
Time to peak value	2 μ sec
Time to half value	70 μ sec
Line model	Distributed-parameter line
Power line	Al-conductor crosslinked polyethylene insulated
Span length	36 m
Steady-state grounding resistance	47 Ω
Steady-state concrete pole resistance	150 Ω
Condition at line ends	Matching resistance
Calculation frequency	100 kHz
Flashover voltage of high voltage insulator	120 kV

10

【 0 0 6 9 】

すなわち、接地極のモデルは、土中放電現象による接地抵抗値低減を模擬し、接地抵抗 R_g は観測地区の平均値（47 Ω ）に設定し、非接地柱については柱体の抵抗値 R_c として150 Ω を用いた。また、柱上変圧器に内蔵されるZnO素子（制限電圧36 kV）は非線形の抵抗特性により表現する。例えば、避雷器施設率が50%の場合には、図9に示したEMTP過電圧解析モデルにおいて、電柱2柱に1柱の間隔で避雷器を配置するものとする。高圧クランプ碍子のスパークオーバは、動作閾値を50%閃絡値である120 kVに設定し、2相以上の地絡が発生した場合を「配電線雷事故」と判定する。また、雷撃電流波形は、雷事故計算で実績のある波頭長を2 μ 秒とし、波尾長を70 μ 秒とした。

20

【 0 0 7 0 】

以上のようなEMTP過電圧解析モデルを用いて、直撃雷事故判定部22c及び誘導雷事故判定部22dでは、配電系統モデルに印加される電圧レベルによって配電線雷事故が発生するか否かを判定して、判定結果を雷事故発生率算出部22eに通知する。

30

【 0 0 7 1 】

雷事故発生率算出部22eは、配電線系統モデルに所定数の落雷を模擬的に発生させたときに、直撃雷事故判定部22c及び誘導雷事故判定部22dによる判定結果に応じて雷事故発生率を算出する。

【 0 0 7 2 】

このようにして、雷事故発生率算出部22eは、任意の落雷位置、すなわち雷撃印加地点に応じた1雷撃当たりの雷事故発生確率を求めるが、その際、接地施設有無、避雷器施設有無などの雷撃箇所の設備条件により雷事故率は異なるため、このような条件を考慮して雷事故発生確率を求めることが精度向上の観点から望ましい。

40

【 0 0 7 3 】

そこで、演算部22では、解析に必要な避雷器柱への落雷パターンと接地柱への落雷パターン毎に、上述したEMTP過電圧解析モデルにより雷事故を模擬して、雷事故発生率算出部22eにより、下記の(5)式から総合的な雷事故発生確率を求める。

【 0 0 7 4 】

【数 5】

$$f(x, y) = \frac{1}{lmn} \times \sum_{L=1}^l \sum_{G=1}^m \sum_{A=1}^n \left(\sum_{I=1}^{200kA} \int^{I+1} P(I) R_{G,A}(I) dI \right) \cdots (5)$$

$$R_{G,A}(I) = \begin{cases} 1 & (Fault) \\ 0 & (No\ fault) \end{cases}$$

10

【0075】

ここで、mは接地施設パターン数を示し、nは避雷器取付けパターン数を示し、lは、解析システムモデルの配電線から垂直方向への落雷位置のパターン数を示す。

【0076】

例えば、接地施設間隔が1極/2柱、避雷器施設間隔が1柱/2柱の線路で柱頂に落雷する場合、図10(A)に示すように接地施設600が2パターン、図10(B)に示すように、避雷器700の取付けが2パターンの合計4パターンに対して各々EMTP過電圧解析モデルにより雷事故を模擬し、ある雷撃電流を印加した場合の雷事故発生有無を $R_{G,A}(I)$ で表す。なお、雷撃電流値の確率密度関数 $P(I)$ は、直撃率の算出に用いたものと同様のものを適用する。

20

【0077】

演算部22では、図11及び図12に示すフローチャートに従って、各処理部が次のような処理を行うことによって、上記の(5)式を用いて配電線雷事故発生率を算出する。

【0078】

ステップST1において、演算部22には、設定部21により設定された避雷器施設率と線路密度が入力される。

【0079】

ステップST2において、直撃雷発生領域算出部22aは、避雷器施設率と線路密度から、補正係数テーブル22fを参照して、直撃雷発生率に基づく補正係数を導出する。

【0080】

30

ステップST3において、直撃雷発生領域算出部22aは、避雷器施設率、線路密度、架空地線有無から解析システムを選択して、補正係数と配電線路長とから解析システムにおける直撃雷発生領域を算出する。

【0081】

続いて、演算部22は、EMTP過電圧解析モデルの解析条件を次のように設定する。すなわち、演算部22は、接地施設パターン、避雷器取付けパターンに応じて解析システムの配電設備を順次設定する(ステップST4)。また、演算部22は、波高値を決定し(ステップST5)、波頭長を決定し(ステップST6)、波尾長を決定する(ステップST7)。また、演算部22は、ステップST8において、落雷位置のパターン数lに基づき、配電線上から垂直方向へ所定の刻み幅毎に離れていくように落雷位置を順次設定する。

40

【0082】

以上のようにして設定されたEMTP過電圧解析モデルに対して、直撃雷判定部22bは、落雷位置から配電線までの落雷距離を算出して(ステップST9)、落雷距離と補正係数Cにより補正された雷撃吸引距離とを比較して、直撃雷発生領域に落雷して直撃雷となるか否かを判定する(ステップST10)。ここで、直撃雷となるときのステップST1に進み、直撃雷ではなく誘導雷となるときのステップST13に進む。

【0083】

ステップST11において、直撃雷事故判定部22cは、EMTP過電圧解析モデルに直撃雷を発生させ、ステップST12により、EMTP過電圧解析モデルの高圧クランプ

50

碍子に印加される電圧応答を模擬して、ステップ S T 1 5 に進む。

【 0 0 8 4 】

ステップ S T 1 3 において、誘導雷事故判定部 2 2 d は、E M T P 過電圧解析モデルに誘導雷を発生させ、ステップ S T 1 4 により、E M T P 過電圧解析モデルの高圧クランプ碍子に印加される電圧応答を模擬して、ステップ S T 1 5 に進む。

【 0 0 8 5 】

ステップ S T 1 5 において、直撃雷事故判定部 2 2 c 及び誘導雷事故判定部 2 2 d は、高圧クランプ碍子に印加される電圧レベルが 1 2 0 [k V] を越えてスパークオーバーしたとき配電線雷事故が発生したと判定する。

【 0 0 8 6 】

ステップ S T 1 6 において、演算部 2 2 は、落雷試行回数が、雷撃電流 I、接地施設パターン数 m、避雷器取付けパターン数 n、及び、落雷位置パターン l により決定される最大試行数に達したか否かを判断する。演算部 2 2 は、落雷試行回数が最大試行数に達するまで、ステップ S T 4 に戻って繰り返しステップ S T 4 乃至ステップ S T 1 5 の処理を行い、落雷試行回数が最大試行数になるとステップ S T 1 7 に進む。

【 0 0 8 7 】

ステップ S T 1 7 において、雷事故発生率算出部 2 2 e は、避雷器施設率 x、線路密度 y における落雷 1 個に対する雷事故発生確率 f (x、y) を、ステップ S T 1 5 により得られる $R_{G, A}(I)$ と、上記の (5) 式を用いて配電線雷事故発生率を算出して、ステップ S T 1 8 に進む。

【 0 0 8 8 】

ステップ S T 1 8 において、雷事故発生率算出部 2 2 e は、設定部 2 1 により設定された土地利用区分に関する情報から、配電システムモデルが森林地区であるか否かを判断して、森林地区であるときステップ S T 1 9 に進み、それ以外るとき本処理工程を終了する。

【 0 0 8 9 】

ステップ S T 1 9 において、雷事故発生率算出部 2 2 e は、ステップ S T 1 8 により算出した雷事故発生確率 f (x、y) を 1 / 2 倍して、本処理工程を終了する。

【 0 0 9 0 】

ここで、雷事故発生確率 f (x、y) を 1 / 2 倍にするのは、図 1 3 に示すように、森林地区がその他の地区と比較して雷事故発生確率が 1 / 2 程度であるからである。すなわち、図 1 3 (A) は、架空地線が施設されている配電システムにおいて、1 落雷当たり、線路密度 1 [k m / k m ²] 当たりの雷事故発生件数を求めた結果を示した図であり、図 1 3 (B) は、架空地線が施設されていない配電システムにおいて、1 落雷当たり、線路密度 1 [k m / k m ²] 当たりの雷事故発生件数を求めた結果を示した図である。図 1 3 (A) 及び図 1 3 (B) より、「森林地区」の雷事故発生件数は、「建物用地」または「平地地区」のものと比較して、架空地線施設の有無に関わらず雷事故発生件数が平均して 1 / 2 程度であった。

【 0 0 9 1 】

このようにして、雷事故発生率算出部 2 2 e は、配電線周辺の樹木による雷遮蔽効果を考慮して、より精度良く雷事故発生率を算出することができる。なお、上述した「森林地区」の具体例に限定されず、雷事故発生確率 f (x、y) を、上述した各地域の実測結果に基づいた土地利用区分に関する情報で決まる区分特性係数で除して出力することで精度良く雷事故発生率を算出することができる。

【 0 0 9 2 】

以上のようにして、演算部 2 2 では、上記の (5) 式を用いて配電線雷事故発生率を算出するが、(5) 式においては、架空地線施設率が 0 %、または 1 0 0 % の場合しか計算することができない。よって、架空地線施設が 0 %、または 1 0 0 % の場合、演算部 2 2 は、上記の (5) 式を用いて配電線雷事故発生率を算出すればよいが、それ以外の場合は次のようにして算出する。

【 0 0 9 3 】

すなわち、演算部 22 では、(5) 式による処理を拡張して、架空地線施設率 $k(x, y)$ に応じた単位落雷数に対する雷事故発生率 $F(x, y)$ を(6) 式を用いて求める。

【0094】

【数 6】

$$F(x, y) = (1 - k(x, y))(f_{ngw}(x, y) - f_{gw}(x, y)) + f_{gw}(x, y) \quad \dots (6)$$

10

【0095】

ここで、 $f_{gw}(x, y)$ は、架空地線有りの条件で(5) 式により算出した雷事故発生率であり、 $f_{ngw}(x, y)$ は、架空地線無しの条件で(5) 式により算出した雷事故発生率である。

【0096】

以上のようにして、演算部 22 では、避雷器施設率及び配電線の線路密度を考慮して、直撃雷発生領域算出部 22a により、単位領域で発生する落雷のうち、この配電システムモデルに直撃する直撃雷が発生する直撃雷発生領域を算出し、直撃雷判定部 22b により、この直撃雷発生領域を用いて直撃雷が発生するかどうかを定量的に判断して、雷事故発生率算出部 22e により、単位落雷数当たり配電系統に雷事故が発生する配電線雷事故発生率を容易且つ精度良く算出することができる。

20

【0097】

そして、雷事故発生率算出装置 2 では、雷事故発生率算出部 22e により算出された配電線雷事故発生率を、表示部 23 によりユーザに視認可能に表示することにより、配電線雷事故を防止する耐雷対策を行うための客観的な評価指標を提供することができる。

【0098】

また、雷事故発生率算出装置 2 では、雷事故発生率算出部 22e が、配電線雷事故発生率とともに、配電線雷事故を防止する耐雷対策を行うための客観的な評価指標として、落雷予測数に対する配電線雷事故予測件数を、次のようにして算出する。

【0099】

すなわち、雷事故発生率算出部 22e は、下記の(7) 式に示すように、雷事故発生率 $F(x, y)$ を落雷予測数 $L(x, y)$ で乗じて、多重度情報で決まる多重度係数 m で除した値を、雷事故予測件数として出力する。

【0100】

【数 7】

$$\sum_x \sum_y (F(x, y) \times L(x, y)) / m \quad \dots (7)$$

40

【0101】

例えば、多重度情報で決まる多重度係数 m は、次のような観測結果に基づいた値を用いることが、算出精度を高める観点から望ましい。図 14 は、ある地域において、単位観測数当たりの落雷数である多重度を実測したヒストグラムである。この実測値においては、多重度の平均値が 2.9 となった。過去に多重度を測定した平均値には 3.5 程度といったものもあるが、本実施形態では多重度を 3 に設定した。

【0102】

ここで、雷事故発生率算出部 22e により算出される配電線雷事故予測件数と、実測された配電線雷事故件数とを比較した比較例について、図 15 を参照して説明する。

【0103】

50

図 15 (A) は、ある地域 A 乃至 J において、配電線 1 km 当たりの年間平均雷事故件数の実績値を示した図である。これに対して、図 15 (B) は、各地域 A 乃至 B の設備データと年間平均落雷数とを基にして、雷事故発生率算出装置 2 により算出した配電線雷事故予測件数の計算値を示した図である。ここで、図 15 (B) 計算値におけるエラーバーは、多重度 2 ~ 4 の範囲を示し、特にエラーバーの中間値である多重度を 3 とした条件下での計算値が実測値に近いことがわかる。

【0104】

このようにして、雷事故発生率算出装置 2 では、配電線雷事故を防止する耐雷対策を行うための客観的な評価指標として、落雷予測数に対する配電線雷事故予測件数を精度良く算出することができるので、耐雷機材適用基準の策定に活用することができる。例えば、雷事故発生率算出装置 2 では、架空地線を全て省略した場合の年間雷事故増加件数を算出することができる。そして、雷事故発生率算出装置 2 は、このような算出値を、雷事故増加件数が少ない地域に限定して架空地線を省略したときの雷リスクの増加をユーザに提供することができる。すなわち、雷事故発生率算出装置 2 は、架空地線等の耐雷機材の雷事故抑制効果を定量的に評価する評価指標をユーザに提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0105】

【図 1】避雷器施設率と、配電線路密度とをそれぞれ 2 種類ずつに分類した合計 4 種類の直撃雷発生率の実測値を示すグラフである。

【図 2】本発明が適用された直撃雷発生率算出装置の全体構成を示す図である。

【図 3】配電システムモデルを説明するために供する図である。

【図 4】直撃雷発生領域の算出手法を説明するために供する図である。

【図 5】配電線直撃雷発生率の計算値を示すグラフである。

【図 6】或る地域においてカメラ観測により推定した直撃雷と誘導雷との発生比率に対応付けた配電線事故発生数の実測値を示すグラフである。

【図 7】本発明が適用された雷事故発生率算出装置の全体構成を示す図である。

【図 8】補正係数の算出手法の説明に供する図である。

【図 9】EMTP 過電圧解析モデルを示す図である。

【図 10】図 10 (A) は接地施設パターンを示す図であり、図 10 (B) は避雷器取付けパターン数を示す図である。

【図 11】配電線雷事故発生率を算出する算出工程の説明に供するフローチャートである。

【図 12】配電線雷事故発生率を算出する算出工程の説明に供するフローチャートである。

【図 13】「森林地区」と「その他の地区」とにおける雷事故発生確率を示すグラフである。

【図 14】ある地域において、単位観測数当たりの落雷数である多重度を実測したヒストグラムである。

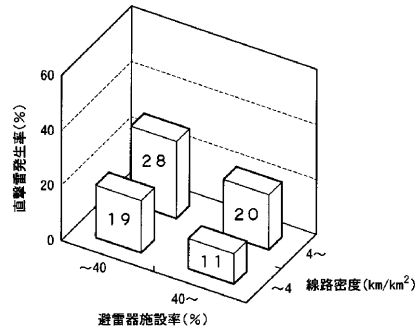
【図 15】雷事故発生率算出部により算出される配電線雷事故予測件数と、実測された配電線雷事故件数とを比較した比較例について説明するためのグラフである。

【符号の説明】

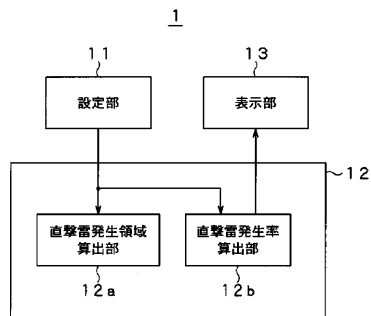
【0106】

1 直撃雷発生率算出装置、11、21 設定部、12、22 演算部、12a、22a 直撃雷発生領域算出部、12b 直撃雷発生率算出部、13、23 表示部、2 雷事故発生率算出装置、22b 直撃雷判定部、22c 直撃雷事故判定部、22d 誘導雷事故判定部、22e 雷事故発生率算出部、22f 補正係数テーブル、100、300 配電システムモデル、101 配電線、101a - 101e、300a - 300e、400a - 400e 配電柱、102、301、401 直撃雷発生領域、200 電柱頂、400 解析モデル系統、600 接地施設、700 避雷器

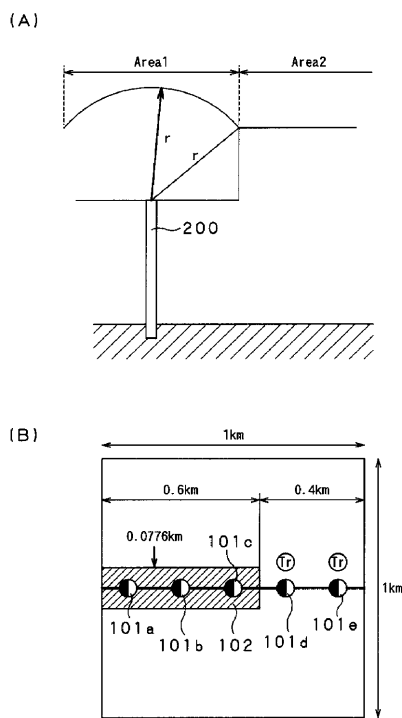
【図 1】



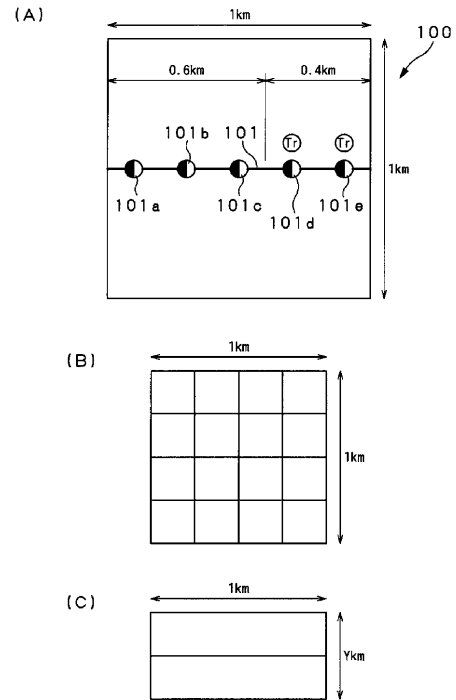
【図 2】



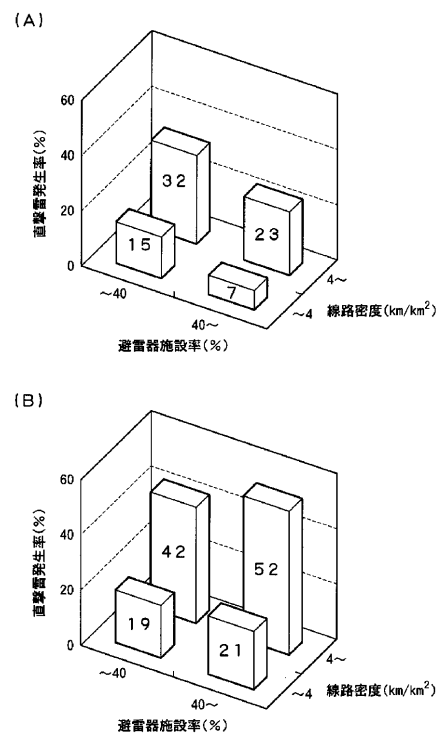
【図 4】



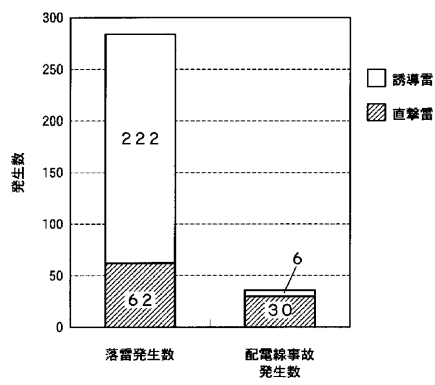
【図 3】



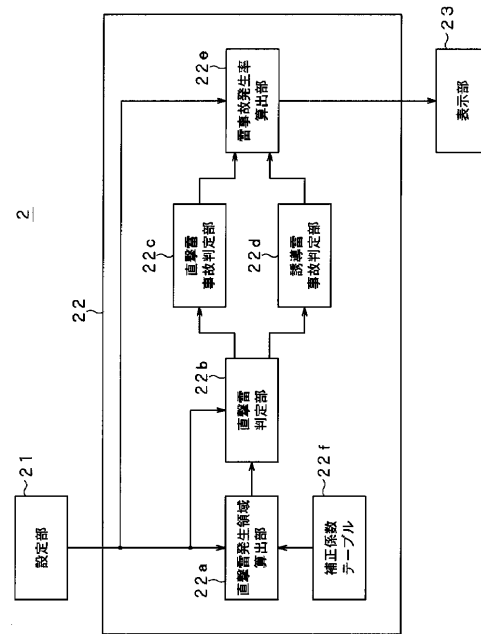
【図 5】



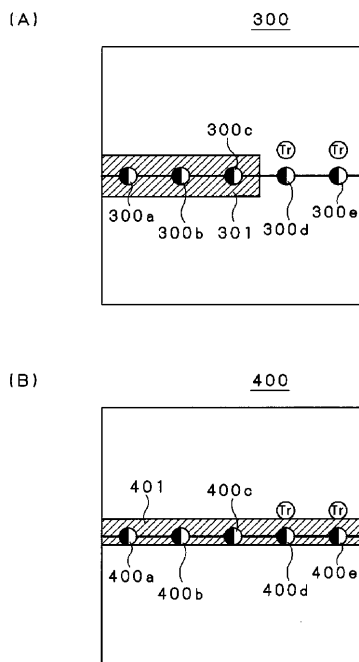
【図 6】



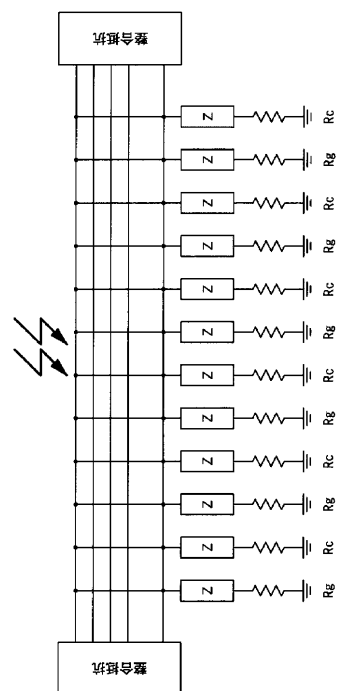
【図 7】



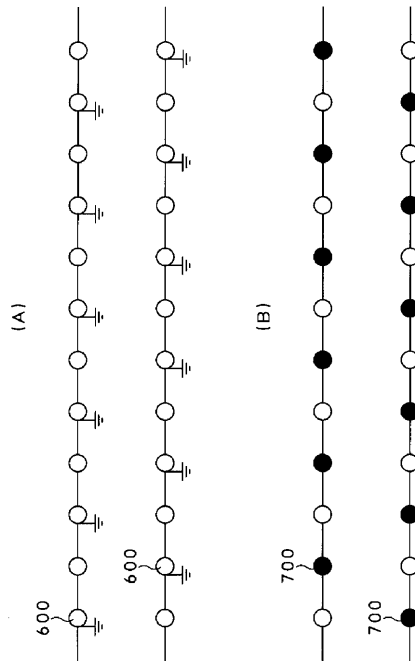
【図 8】



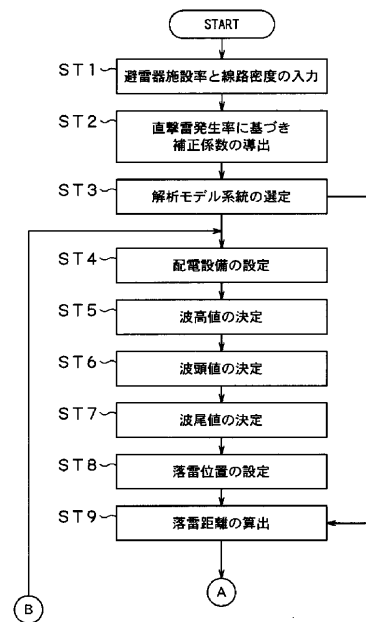
【図 9】



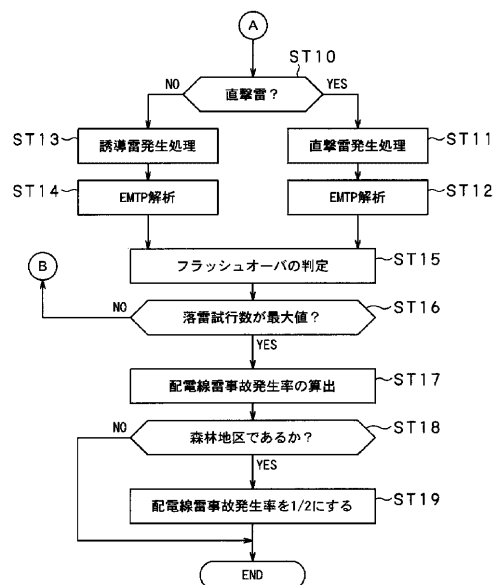
【図 10】



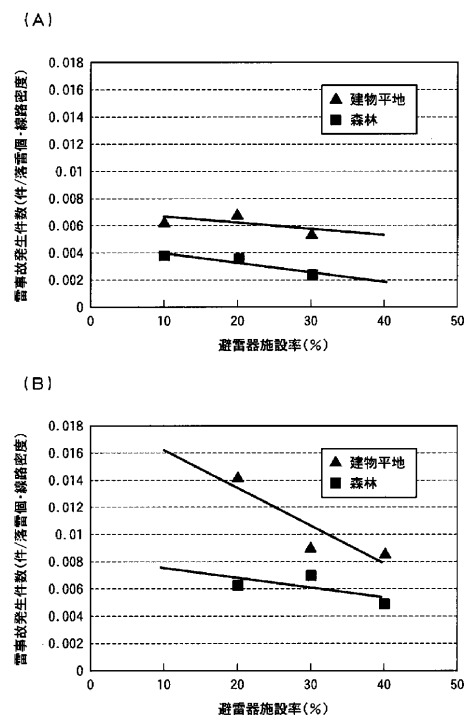
【図 11】



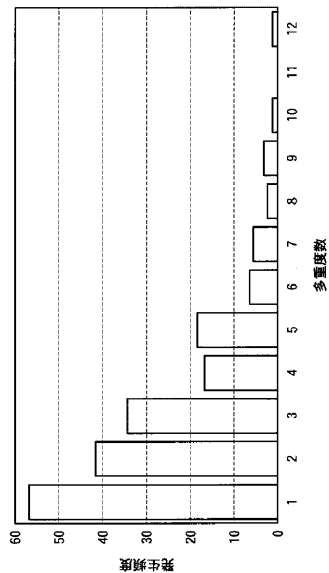
【図 12】



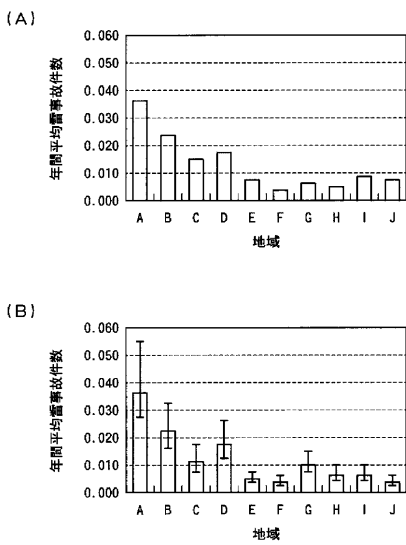
【図 13】



【図 1 4】



【図 1 5】



フロントページの続き

(72)発明者 宮崎 輝

東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 3 号 東京電力株式会社内

(72)発明者 岡部 成光

東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 3 号 東京電力株式会社内

F ターム(参考) 5G066 AA03 AE03