通信センタビルにおける新接地方式のための小型絶縁トランス

正 員 木 島 均 (職業能力開発大学校)
非会員 在 間 正裕 (日本電信電話株式会社)
正 員 村 川 一雄 (日本電信電話株式会社)
非会員 岡 林 親志 (株式会社サンコーシャ)
非会員 本 田 敏男 (株式会社サンコーシャ)

Small-sized Insulating Transformers for a New Grounding System in Telecommunications Center Buildings

Member Hitoshi Kijima (Polytechnic University)
Non Member Masahiro Zaima (NTT)
Member Kazuo Murakawa (NTT)
Non Member Chikashi Okabayashi (Sankosha)
Non Member Toshio Honda (Sankosha)

Insulating transformers in a light, compact unit were developed for providing the best connection to a newly configured grounding system in a telecommunications center building. In the conventional grounding system, telecommunications equipment was tripped by stray DC current and lightning. To solve this problem, a new grounding system was designed with use of insulating transformers. As the specifications of conventional insulating transformers are not sufficient, small-sized insulating transformers were developed. The insulating transformers offer high dielectric strength (more than 50 kV) with low insertion loss (less than 0.5 dB) in the transmission frequency of 64 kHz to 8 MHz. A dedicated distribution frame was also developed to install the insulating transformers with necessary functions for both jumpering and terminating cables.

キーワード：迷走電流，雷，絶縁トランス，絶縁耐圧

1. まえがき

現在多くの通信センタビルでは、図1に示すように七つの接地をそれぞれの目的に応じて施工・運用している[1]。これらの接地を目的別に分類すると、建物に係わる接地（避雷針用接地）、電力設備に係わる接地（第1～3種接地，高圧避雷器用接地）、通信設備に係わる接地（通信用接地，MDF用接地）の3種類となる。上記のように、通信センタビルの接地として、用途別に複数の接地を独立に設置すると、ある一つの接地に雷サージなどの大電流が流入した場合に、他の接地との間に電位差が生じて通信装置が故障する場合がある。また、高速デジタル通信の導入や高機能化などにより部品の高集積化が進み、電磁妨害波や迷走電流によって通信装置が誤動作を起こしやすい傾向となっている。さらには、世界的な動向として、各種接地を統合し、通信センタビルの接地を一点化することがITU-T（国際電気通信連合）において勧告されており[2]～[3]、従来の個別接地は見直しが必要となってきた。

このような背景のもとに、雷やノイズなどの妨害に対してシステムの信頼性を確保し、かつ国際標準や従来から使

図1 従来の接地構成

Fig. 1. Configuration of conventional grounding system.

用している接地構成との整合を図った通信センタビルの新しい接地構成方法が検討されている。この新接地構成方法の特徴は以下のとおりである[4]。

(1) 各種接地をまとめ統合接地極一点とし、ここから接地母線をビルの最上階まで配線する。この統合接地極と接地母線との接続点をインタフェースAと定義する。インタフェースA点における一点接地化によって各種接地間の電位差をなくすることができる。

(2) 接地母線と各通信システムとの接続点をインタフェースBと定義する。インタフェースBにおいて接地線を各階ごとにビルの鉄骨、鉄筋と接続することによって、接地と鉄骨、鉄筋間の電位を等しくし、人体に印加される電圧を極力小さくしている。

(3) 異なる通信システム間のメタリック通信ケーブルを直流的に絶縁する点をインタフェースCと定義する。このインタフェースCは、平衡対ケーブルの金属シースや同軸ケーブルの外部導体に流れる迷走電流の除去と、A点からB点を経由して通信装置までのスター状の一点接地を確保するために必要である。

図2 新しい接地構成

Fig. 2. Configuration of new grounding system.

本論文は、このインタフェースCを実現するために、伝送損失が小さく、小型・軽量でなおかつ高絶縁耐圧の絶縁トランスの開発に関するものである。

従来から、絶縁トランスは雷害の多い山頂基地局の引込ケーブルに用いられてきた。しかしこの絶縁トランスは伝送損失が1dBと大きく、サージ耐圧も30kVと低かった。更に約10kgと重いうえに大型(約100×100×100mm)であり、設置スペースの確保が困難であり、インタフェースCに適用するには問題があった。これらの問題を解決するために、0.5dB以下の低い伝送損失を確保しつつ、雷サージ

電圧に対して50kVの高絶縁耐圧を有する小型(約70×70×70mm)で約300gと軽量の絶縁トランスを開発した。更にこの絶縁トランスを約100個実装可能で、通信ケーブルの成端機能とジャンパリング機能を有する専用の配分架を合わせて開発したので報告する。

2. 従来の迷走電流対策技術

平衡対ケーブルの金属シースや同軸ケーブルの外部導体に流れる迷走電流を除去するために、従来からとられてきた対策には以下の2つがある。

(1) 通信ケーブルの長延化

通信ケーブルを長く布設して、平衡対ケーブルの金属シースや同軸ケーブル外部導体の直流抵抗を増やして、迷走電流を減衰させる方法である。しかし、この方法は、迷走電流除去のために必要な通信ケーブル長が損失となり、信号成分も減衰するという欠点がある。

(2) 平衡対ケーブルの金属シースの片端接続

図3に平衡対ケーブルの金属シースの片端接続の一例を示す。この方法は通信ケーブルが接続される装置のどちらか一方で装置架と平衡対ケーブルの金属シースを切り離し、迷走電流経路を遮断する方法である。しかし、この方法は、金属シースの電磁遮蔽効果が低下することや、外部導体を信号伝送に使用している同軸ケーブルの場合には適用できないという欠点がある。

図3 金属シースの片端接続

Fig. 3. Bonding of metallic sheath of pair cable at the one end only.

3. 絶縁モジュールの開発

< 3・1 > 方式検討

以上のように、従来の対策技術では迷走電流の減衰もしくは除去は可能であるが、同時に必要以上に主信号を減衰させたり、平衡対ケーブルの金属シースが有する電磁遮蔽効果を十分発揮できない等の問題が残されていた。そこで、電氣的な絶縁方式として以下の2つの方式について検討を行った。

(1) 光アイソレーション方式

光ファイバーを用いる方法は、対向する両方の装置に光のインターフェース回路が具備されている場合に有効である。しかし、光のインターフェース回路は経済的理由から通信速度の速い52MHz以上の伝送速度を有する全ての回線と、8MHzの伝送速度を有する一部の回線にしか具備されておらず、ケーブル条数の多い6.3MHz以下の伝送速度を有する6.3MHz、2MHz、1.5MHz、64kHzの全ての回線に具備されていない。従って、8MHz以下の伝送速度を有し光インターフェース回路を具備していない通信回線については、メタリック通信線を使用せざるを得ない。

次にもう一つの光アイソレーション方式として、これらのメタリック通信線の途中にE/O～O/E変換装置を新たに設置して、メタリック通信線を直流的に絶縁する方法が考えられる。しかし、この方法ではE/O、O/E変換部に電源を供給する必要がある。光パスを経由することにより主信号伝送路は電氣的に絶縁されることとなるが、E/O変換部～電源供給装置～O/E変換部という電源線を経由した新たな電氣的パスが形成されてしまい、インターフェースCを実現することができない。さらに、E/O、O/E変換部に電池を使用する方法も、この電池に定期的な充電が必要となり、保守稼働上問題があり適用できない。

(2) 絶縁トランス方式

絶縁トランスは、1次側と2次側を高耐圧で絶縁した巻線比1対1のトランスである。コイルなどの受動素子で構成されているため、光アイソレーション方式のように電源を必要とせず、メタリック通信線に対するインターフェースC実現のために適している。

上記(1)と(2)の検討結果から、メタリック通信ケーブルを直流的に絶縁するためのインターフェースCの実現方法として、絶縁トランス方式を採用することとした。

< 3・2 > 新規開発の必要性

従来から、絶縁トランスは雷害の多い山頂基地局において使用されてきた。従来の絶縁トランスの使用形態例及び代表的な特性例をそれぞれ図4及び表1に示す。山頂基地局における絶縁トランスの適用形態は、アンテナ鉄塔への直撃雷電流によって山頂基地局の通信装置や通信ケーブルが損傷したり、山麓の通信センタビル内の通信装置が破壊されるのを防止するためである。

山頂基地局内において絶縁トランスを使用する場合には、一般的に通信ケーブルの条数が数本と少なく、絶縁トランスの設置スペースの確保が容易であり、1個当たりの質量が約10kgと重く、大きさも約100×100×100mmと大きかった。また、絶縁トランスの伝送損失も3.4kHzにおいて1dBと大きかった。更に、雷サージ耐圧もサージ電圧1.2/50μsに対して30kVと低かった。一方通信センタビル内においてインターフェースCを実現するために必要な絶縁トランスに対する要求条件は、従来の絶縁トランスに比較して小型、軽量で低損失、高耐圧であったため、以下の仕様を満たす新たな絶縁トランスとそれを搭載するための

専用の配分架の開発が必要となった。

図4 従来の絶縁トランス適用例

Fig.4. An application of conventional insulating transformer.

表1 従来の絶縁トランスの特性

Table 1. Characteristic performance of conventional insulating transformer.

項目	規格
伝送損失	1.0 dB 以下 (3.4 kHz・600Ω)
絶縁耐圧	1.2/50 μs・30 kV
質量	約10 kg

< 3・3 > 仕様検討

ここでは、絶縁トランス開発のための仕様検討経緯^[5]について示す。

(1) 小型・軽量

施工・保守効率上、通信ケーブルを一個所で処理する必要があったため、絶縁トランスを配分架に約100個搭載可能であることと、その配分架の耐震強度及び架内配線の作業性を考慮した結果、1個当たりの質量を約300g前後、大きさを70×70×70mm程度とした。

(2) 伝送損失

絶縁トランスを適用するメタリック通信線の伝送速度は、金属シース付平衡対ケーブルを使用している64kHz、1.5MHz及び2MHzと、同軸ケーブルを使用している6.3MHz、8MHzの合計5種類である。絶縁トランスの伝送損失は、これらの伝送速度に対して通信システム全体の損失配分を満足するために、通信ケーブル約20mの伝送損失に相当する0.5dB以下にする必要がある。この0.5dB以下の伝送損失を広い周波数帯域に対して、1個の絶縁トラン

スでカバーすることは困難であるため表2に示すとおり、伝送速度によって周波数帯域を3つに分割した。すなわち、同軸ケーブルを使用する6.3MHz及び8MHzの高速用絶縁トランス、平衡対ケーブルを使用する1.5MHz及び2MHzの中速用絶縁トランス、及び64kHzの低速用絶縁トランスである。

表2 新絶縁トランスの伝送損失

Table 2. Insertion loss of new insulating transformers.

	伝送速度 (Hz)	規定周波数 帯域 (Hz)	伝送損失 (dB)
高速用絶縁 トランス	6.3 M 8 M	100 k~30 M	0.5 以下
中速用絶縁 トランス	1.5 M 2 M	10 k~ 8 M	
低速用絶縁 トランス	64 k	500~400 k	

(3) 平衡度

平衡対ケーブルに使用中速用絶縁トランスと低速用絶縁トランスの平衡度LCL(Longitudinal Conversion Loss), つまり2心の通信線と対地間の電圧(コモンモード電圧)が線間の電圧(デファレンシャル電圧)に変換される比率を、平衡対ケーブルの特性と同等以上にする必要がある。このため、中速用と低速用の絶縁トランスの平衡度は、平衡対ケーブルの平衡度の実力値よりよりも5dB厳しい値を規格とした。なお、同軸ケーブルに適用する高速用絶縁トランスについては、元々、同軸ケーブルが不平衡状態で使用するケーブルであり、平衡度の規定はないため、絶縁トランスについても規定を定めなかった。

表3 新絶縁トランスの平衡度

Table 3. Longitudinal conversion loss of new insulating transformers.

	周波数 (Hz)	平衡度 (dB)
中速用絶縁トランス	10 k	85 以上
	2 M	50 以上
	8 M	45 以上
低速用絶縁トランス	500	85 以上
	64 k	60 以上
	400 k	50 以上

(4) 公称インピーダンス

絶縁トランスの公称インピーダンスは、信号の反射を抑制するため可能な限り通信ケーブルの特性と同等にする必要がある。このため、表4に示すように公称インピーダンスの規格を偏差-20 ~ +20%とした。

表4 新絶縁トランスの公称インピーダンス

Table 4. Nominal impedance of new insulating transformers.

	公称インピーダ ンス(Ω)	偏差 (%)
高速用絶縁トランス	75	-20
中速用絶縁トランス	110	~
低速用絶縁トランス	110	+20

(5) 絶縁耐圧

佐藤らによると鉄骨造の通信センタビルに対して、直撃雷電流として最大級の200kAの電流が流れた場合、雷による電磁界パルスLEMP(Lightning Electro-Magnetic Pulse)によって、一階高差当り8.2kVの誘導電圧が発生するとされている[6]。今回、開発する絶縁トランスは、最大5階高差ある通信ケーブルに適用することとしたため、絶縁耐圧の規格を1.2/50 μ s・50kVとした。

(6) サージ移行率

サージ移行率はトランスの1次側から2次側(2次側から1次側)にコモンモードの雷サージ電圧がどれだけ移行するかを規格化したものであり、伝送損失と絶縁耐圧との整合性から1/50以下と定めた。

4. 新絶縁トランスの構造

絶縁トランスを開発するうえでの課題は、伝送損失が小さく、小型・軽量でなおかつ高絶縁耐圧を同時に実現することである。このため以下の項目を実現することによって、小型で軽量な上に、それぞれの伝送速度に対して0.5dBの低い伝送損失を獲得しつつ、雷サージに対して50kVの高絶縁耐圧を確保した。

(1) 高絶縁耐圧で広帯域にわたり伝送損失0.5dB以下を確保するために、磁芯として高透磁率で高周波損失の少ない、Mn-Zn系のフェライトを使用し、その形状を高絶縁耐圧とする必要性からE-I形とした。

(2) 小型・軽量化のため、従来金属製であった絶縁トランスの収容ケースをプラスチック製とし、端子部も従来のねじ端子から、高速用絶縁トランスではBNCコネクタに、中・低速用絶縁トランスではバネ圧結線端子とした。

(3) 広帯域の周波数特性を保持しながら高絶縁耐圧(1.2/50 μ s, 50kV)を確保するために、薄いポリエステル系フィルムを使用してコイルを絶縁するとともに、フィルムの部分的欠陥による影響を緩和するため多数層に巻いて構成した。さらに、充填材として2液性ウレタン樹脂を使用し、空気泡を除去するために真空とした。

(4) トランスの通信ケーブル用端子と配分架の金属フレームの間の気中放電を防止するため、高速用絶縁トランスではBNCコネクタの下半分を覆うようにプラスチックのしきい板を設けた。また中・低速用絶縁トランスでは金属部分の露出を避けバネ圧結線端子を使用し、できるだけ

端子をトランス上部に配置することによって、図5に示すように端子～金属フレームの沿面距離を50mm以上とり、雷サージに対して絶縁耐圧50kV以上を実現した。

図5 新絶縁トランスの構造
Fig. 5. Structure of new insulating transformers.

(5) 図6に開発した絶縁トランスの写真を示す。図6の上部に写っている絶縁トランスは従来から山頂基地局において使用されてきたトランスである。この従来の絶縁トランスの収容ケースは金属製であり、端子はねじ止端子である。一方図6の下部に写っている絶縁トランスは今回開発したものであり、左から高速用、中速用及び低速用である。開発した絶縁トランスの収容ケースはプラスチック製であり、端子は高速用がBNCコネクタ、中速用絶縁トランス及び低速用絶縁トランスではバネ圧結線端子である。絶縁トランスの質量は、高速用、中速用及び低速用絶縁トランスのそれぞれが220g、230g及び310gであり、従来の絶縁トランスの約10kgに比較して1/30以下の軽量になっている。また、大きさについても、一番大きな低速用絶縁トランスが60×67×47mmであり、従来の絶縁トランスの約100×100×100mmに比較して容積比1/5以下と小型になっている。

図6 絶縁トランスの外観
Fig. 6. External appearance of transformers.

図7 新絶縁トランスの配分架
Fig. 7. Distribution frame for new insulating transformers.

図7に絶縁トランスを配分架に実装した状態を示す。開発された配分架の大きさは、795 (W) × 600 (D) × 1800 (H) mmであり、この配分架には、中速用絶縁トランスだけなら120個、高速用絶縁トランスだけ、または低速用絶縁トランスだけなら80個搭載可能である。また、この配分架を用いて、通信ケーブルの配線替えや成端が可能である。

5. 絶縁トランスの電気的特性評価結果

本章では、開発した絶縁トランスの電気的特性に関する評価結果について述べる。

< 5・1 > 伝送損失

図8に示す測定回路を用いて、高速用、中速用及び低速用絶縁トランスの伝送損失を測定した。

図9に高速用絶縁トランスの周波数特性の測定結果を示す。

また、表5に各絶縁トランスの主な周波数における伝送損失の測定結果を示す。

図8 伝送損失の測定回路
 Fig. 8. Circuit for measuring insertion loss.

図9 高速用絶縁トランスの伝送損失の周波数特性
 Fig. 9. Frequency characteristic of insertion loss for high-speed insulating transformer.

表5 伝送損失の測定結果
 Table 5. Insertion loss results.

	周波数 (Hz)	伝送損失 (dB)
高速用絶縁トランス	100 k	0.15
	8 M	0.28
	30 M	0.47
中速用絶縁トランス	10 k	0.28
	2 M	0.12
	8 M	0.26
低速用絶縁トランス	500	0.35
	64 k	0.26
	400 k	0.44

各トランスとも全周波数帯域にわたって要求値である伝送損失0.5dB以下を満足していた。

< 5・2 > 平衡度

図10に平衡度の測定回路を、また、表6にその測定結果を示す。

図10 平衡度の測定回路
 Fig. 10. Circuit for measuring longitudinal conversion loss.

表6 平衡度の測定結果
 Table 6. Longitudinal conversion loss results.

	周波数 (Hz)	平衡度 (dB)
中速用絶縁トランス	10 k	91
	2 M	66
	8 M	51
低速用絶縁トランス	500	94
	64 k	86
	400 k	73

中速用絶縁トランス及び低速用絶縁トランスの平衡度測定結果は、規格値よりも5dB以上、通信ケーブル（平衡対ケーブル）の平衡度の実力値よりも10dB以上良好であった。

< 5・3 > 公称インピーダンス

図11に公称インピーダンスの測定回路を、また、表7にその測定結果を示す。

各絶縁トランスの公称インピーダンス測定結果は、高速用絶縁トランスの公称インピーダンスである75Ω、中速用及び低速用絶縁トランスの公称インピーダンスである110Ωに対して若干のズレはあるものの、それぞれの公称インピーダンスの偏差は-10～+9%であり、規格値の-20～+20%以内に収まっていた。

インピーダンスプローブ (MA2403A アンリツ製)
ネットワークアナライザ (MS3401A アンリツ製)

OSC オシロスコープ

LM レベルメータ

Ro 標準抵抗 100 Ω

Rx 各絶縁トランスの公称インピーダンスに等しい
直流抵抗

図11 公称インピーダンスの測定回路

Fig. 11. Circuit for measuring nominal impedance.

表7 公称インピーダンスの測定結果

Table 7. Nominal impedance results.

	周波数 (Hz)	公称インピー ダンス(Ω)
高速用絶縁トランス	100 k	71
	8 M	71
	30 M	72
中速用絶縁トランス	10 k	101
	2 M	110
	8 M	118
低速用絶縁トランス	500	109
	64 k	114
	400 k	120

< 5・4 > 絶縁耐圧

図12に絶縁耐圧の測定方法を示す。1次側と2次側のコイル間に、50 kV (1.2/50 μs) 以上の電圧を0.2 kV ステップで上昇させ、絶縁破壊する直前の電圧を絶縁耐圧とした。

IG インパルス発生器 (1.2/50 μs・50 kV)

BO ブラウン管オシロスコープ (デジタルストレージ)

R 制限抵抗 100 Ω

図12 絶縁耐圧の測定回路

Fig. 12. Circuit for measuring surge dielectric strength.

絶縁耐圧の測定結果を表8に示す。

表8 絶縁耐圧の測定結果

Table 8. Surge dielectric strength results.

	試料No.	絶縁耐圧(kV)
高速用絶縁トランス	1	52.6
	2	51.8
	3	51.4
中速用絶縁トランス	1	50.2
	2	50.6
	3	50.6
低速用絶縁トランス	1	51.0
	2	51.4
	3	51.4

表8に示すように、各絶縁トランスの絶縁耐圧測定結果は50.2～52.6kVであり要求値の50kV以上と良好であった。

< 5・5 > サージ移行率

図13にサージ移行率の測定回路を示す。1次側にサージ電圧10kV (1.2/50 μs) を印加し、2次側に発生する電圧を測定した。この入力電圧と出力電圧の比からサージ移行率を求めた。

図14に入力電圧波形と出力電圧波形の測定例を示す。入力電圧10kVに対して、出力電圧は194Vであり、この場合のサージ移行率は、両者の比から1/52となる。また表9に、高速用、中速用及び低速用絶縁トランスのそれぞれ3つの試料について、サージ移行率を測定した結果を示す。測定の結果、各絶縁トランスのサージ移行率は1/52～1/97であり、要求値である1/50を満たしていた。

図13 サージ移行率の測定回路

Fig. 13. Circuit for measuring surge transfer ratio.

図14 入力電圧（上）と出力電圧（下）の測定波形

Fig. 14. Measured waveforms of input/output voltages.

表9 サージ移行率の測定結果

Table 9. Surge transfer ratio results.

	試料No.	サージ移行率
高速用絶縁トランス	1	1/52
	2	1/54
	3	1/53
中速用絶縁トランス	1	1/63
	2	1/66
	3	1/65
低速用絶縁トランス	1	1/97
	2	1/88
	3	1/95

6. まとめ

通信センタビルの新接地方式に必要な、小型で高耐圧の絶縁トランスを開発した。開発した絶縁トランスは、

64kHz用の低速用、1.5MHz、2MHz用の中速用及び6.3MHzと8MHz用の高速用の3種類であり、以下の項目を実現することによって小型で軽量な上に、それぞれの伝送速度に対して0.5dB以下の低い伝送損失を確保しつつ、1.2×50kVの雷サージ電圧に対して、50kVの高絶縁耐圧を実現した。

(1) 高絶縁耐圧で広帯域にわたり伝送損失0.5dB以下を確保するために、磁芯として高透磁率で高周波損失の少ない、Mn-Zn系のフェライトを使用し、その形状を高絶縁耐圧とする必要からE-I形とした。

(2) 小型・軽量化のため、従来金属製であった絶縁トランスの収容ケースをプラスチック製とし、端子部も従来のねじ端子から、高速用絶縁トランスではBNCコネクタに、中・低速用絶縁トランスではバナナ結線端子とした。

(3) 高帯域の周波数特性を保持しながら高絶縁耐圧(1.2/50 μ s, 50kV)を確保するために、薄いポリエステル系フィルムを使用してコイルを絶縁するとともに、フィルムの部分的欠陥による影響を緩和するため多数層に巻いて構成した。さらに、充填材として2液性ウレタン樹脂を使用し、空気泡を除去するために真空とした。

(4) トランスの通信ケーブル用端子と配分架の金属フレームの間の気中放電を防止するため、高速用絶縁トランスでは、BNCコネクタの下半分を覆うようにプラスチックのしきい板を設けた。また中・低速用絶縁トランスでは金属部分の露出を避けバナナ結線端子を使用すると共に、バナナ結線端子と金属フレーム間の延面距離を50mm以上とり、高絶縁耐圧を確保した。

本絶縁トランスは、通信センタビルの新接地方式に適用するために開発されたものであるが、一般ビルにおけるLAN回線等の雷防護やノイズ対策への応用が可能である。

(平成10年2月25日受付)

文 献

- [1] 服部光男・今川 仁・佐藤正治・木島 均：“センタビルの接地構成法”，NTT技術ジャーナル，Vol.5，No.1，31～33，1993
- [2] ITU-T Recommendation K.27, “Bonding configurations and earthing inside a telecommunication building”, 1991
- [3] 木島 均：“ITU-T/SG 5第4回全体会合報告”，ITUジャーナル，Vol.26，No.4，1996
- [4] 松平明次・木島 均：“NTTセンタビルの新接地構成法”，信学会総合大会，B-304，1996
- [5] 在間正裕・木島 均・岡林親志・本田敏男：“絶縁モジュールの開発”，信学会ソサイエティ大会，B-255，1996
- [6] 佐藤正治・倉本昇一・山本裕一：“電話局舎の直撃雷サージ分布の検討”，信学技報EMCJ89-74，1989

木島 均 (正員)

1977年3月山梨大学工学研究科電気工学専攻修了。同年日本電信電話株式会社(現日本電信電話株式会社)入社。E M Cに関する研究開発に従事した後、現在は職業能力開発大学校電気工学科に勤務。

在間 正裕 (非会員)

1991年3月愛媛大学工学部電気工学科を卒業。同年日本電信電話株式会社入社。通信E M Cに関する雷防護・接地技術の開発に従事した後、現在は事業所における設備計画業務に従事。

村川 一雄 (正員)

1985年3月熊本大学工学研究科電子工学専攻修了。同年日本電信電話株式会社入社。通信E M Cに関するアンテナの開発に従事した後、現在は通信センタビルの接地方式及び計測装置の開発に従事。

岡林 親志 (非会員)

1981年3月相模工業大学(現湘南工科大学)電気工学科卒業。同年株式会社山光社(現サンコーシヤ)入社。同年より通信設備および電力設備に関する雷防護技術の開発に従事し現在に至る。

本田 敏男 (非会員)

1970年3月法政短期大学機械工学科卒業。同年株式会社山光社(現サンコーシヤ)入社。同年より通信用保安装置およびM D F・I D F等の設計に従事し現在に至る。