

**TCPA300 型／TCPA400 型増幅器および
TCP300/TCP400 シリーズ AC/DC 電流プローブ
ユーザ・マニュアル**



077-1184-00

Tektronix

TCPA300 型／TCPA400 型増幅器および TCP300/TCP400 シリーズ AC/DC 電流プローブ ユーザ・マニュアル

このマニュアルは、ファームウェアのバージョン 1.0 およびそれ以降に適用されます。

www.tektronix.com

077-1184-00

Tektronix

Copyright © Tektronix. All rights reserved. 使用許諾ソフトウェア製品は、Tektronix またはその子会社や供給者が所有するもので、米国著作権法および国際条約の規定によって保護されています。

Tektronix 製品は、登録済および出願中の米国その他の国の特許等により保護されています。本書の内容は、既に発行されている他の資料の内容に代わるものです。また、本製品の仕様および価格は、予告なく変更させていただく場合がございますので、予めご了承ください。

TEKTRONIX および TEK は Tektronix, Inc. の登録商標です。

Tektronix 連絡先

Tektronix, Inc.
14200 SW Karl Braun Drive
P.O. Box 500
Beaverton, OR 97077
USA

製品情報、代理店、サービス、およびテクニカル・サポート:

- 北米内: 1-800-833-9200 までお電話ください。
- 世界の他の地域では、www.tektronix.com にアクセスし、お近くの代理店をお探してください。

保証

当社では、本製品において、出荷の日から1年間、材料およびその仕上がりについて欠陥がないことを保証します。この保証期間中に製品に欠陥があることが判明した場合、当社では、当社の裁量に基づき、部品および作業の費用を請求せずに当該欠陥製品を修理するか、あるいは当該欠陥製品の交換品を提供します。保証時に当社が使用する部品、モジュール、および交換する製品は、新しいパフォーマンスに適応するために、新品の場合、または再生品の場合もあります。交換したすべての部品、モジュール、および製品は当社で保有されます。

本保証に基づきサービスをお受けいただくため、お客様には、本保証期間の満了前に当該欠陥を当社に通知していただき、サービス実施のための適切な措置を講じていただきます。お客様には、当該欠陥製品を梱包していただき、送料前払いにて当社指定のサービス・センターに送付していただきます。本製品がお客様に返送される場合において、返送先が当該サービス・センターの設置されている国内の場所であるときは、当社は、返送費用を負担します。しかし、他の場所に返送される製品については、すべての送料、関税、税金その他の費用をお客様に負担していただきます。

本保証は、不適切な使用または不適切もしくは不十分な保守および取り扱いにより生じたいかなる欠陥、故障または損傷にも適用されません。当社は、以下の事項については、本保証に基づきサービスを提供する義務を負いません。a) 当社担当者以外の者による本製品のインストール、修理またはサービスの試行から生じた損傷に対する修理。b) 不適切な使用または互換性のない機器への接続から生じた損傷に対する修理。c) 当社製ではないサプライ用品の使用により生じた損傷または機能不全に対する修理。d) 本製品が改造または他の製品と統合された場合において、改造または統合の影響により当該本製品のサービスの時間または難度が増加したときの当該本製品に対するサービス。

この保証は、明示的または黙示的な他のあらゆる保証の代わりに、製品に関して当社がお客様に対して提供するものです。当社およびベンダは、商品性または特定目的に対する適合性についての一切の黙示保証を否認します。欠陥製品を修理または交換する当社の責任は、本保証の不履行についてお客様に提供される唯一の排他的な法的救済となります。間接損害、特別損害、付随的損害または派生損害については、当社およびそのベンダは、損害の実現性を事前に通知されていたか否に拘わらず、一切の責任を負いません。

[W2 - 15AUG04]

目次

安全にご使用いただくために.....	v
適合性に関する情報.....	vii
EMC.....	vii
環境への影響について.....	ix
まえがき.....	xi
このマニュアルの表記規則.....	xi
はじめに.....	1
システム構成.....	1
オプション.....	3
スタンダード・アクセサリ.....	4
オプション・アクセサリ.....	4
保護ケース.....	5
運搬ケース.....	6
増幅器からオシロスコープへの接続.....	7
増幅器の電源をオンにする.....	7
電流プローブを増幅器に接続.....	8
電流プローブ・スライドの操作.....	9
電流プローブの消磁とオートバランス.....	11
DC 測定.....	12
AC 測定.....	14
コントロールの概要.....	15
TCPA300 型および TCPA400 型のコントロール.....	16
リファレンス・ノート.....	21
開口部に非通電状態の導体を入れた状態でのプローブの消磁.....	21
差動電流の測定.....	22
AC/DC カップリング.....	24
最大電流限界値.....	25
TCP404XL 型プローブを使用した非連続電流の測定.....	28
電流レンジの拡大.....	30
感度の向上.....	32
アプリケーション・ノート.....	33
自動車の充電システム.....	33
インダクタンス測定.....	35
多導体ケーブルの導通検査.....	37
インダクタの巻数の測定.....	38
電力測定および解析ソフトウェア.....	39
トラブルシューティングとエラー・コード.....	40
Probe Degauss Autobalance ボタンによるエラー・コードの表示.....	44
エラー・コードの原因の修正.....	47

シャットダウン・エラー	47
仕様	49
保証仕様	49
公称および代表特性	50
機械的特性	51
環境特性	53
性能グラフ	54
TCP404XL 型の最大測定時間	58
安全性適合情報	59
用語集	
索引	

図のリスト

図 1: 標準的な TCPA300 型/TCPA400 型電流測定システム.....	1
図 2: 保護カバーの使用	5
図 3: 運搬ケース内の機器の格納場所	6
図 4: 増幅器への電流プローブの接続および取り外し	8
図 5: TCP312 型および TCP305 型のスライド操作	9
図 6: TCP303 型および TCP404XL 型のロックを解除して開く	10
図 7: TCP303 型および TCP404XL 型を閉じてロックする	10
図 8: 電流プローブの極性	13
図 9: TCPA300 型フロント・パネル	15
図 10: 2 本の導体の測定	22
図 11: 差動電流とゼロ電流の測定	22
図 12: 低周波信号における AC カップリングまたは DC カップリングの影響	24
図 13: 電流時間積(アンペア×秒)ルールの適用	26
図 14: デューティ・サイクルの計算	28
図 15: 2 本目の導体の追加	30
図 16: 数回巻き付ける	31
図 17: プローブ感度の向上	32
図 18: 充電電流測定のセットアップ	34
図 19: 充電電流の波形	34
図 20: 低インピーダンス源を使ったインダクタンスの測定	35
図 21: 時間に対するリニアな電流ランプ	36
図 22: 高インピーダンス源における電流ランプ	37
図 23: コイルの巻数の測定	38
図 24: 基準コイルを使った巻数測定	38
図 25: エラー・コードの表示	44
図 26: エラー・コード表示の意味	45
図 27: プローブ開口部の寸法(公称)	52
図 28: 周波数ディレーティング - TCP312 型	54
図 29: 周波数ディレーティング - TCP305 型	54
図 30: 周波数ディレーティング - TCP303 型	54
図 31: 周波数ディレーティング - TCP404XL 型	55
図 32: 挿入インピーダンス対周波数	56
図 33: プローブの指定動作領域	57
図 34: 周囲温度 50 °C における 750A 非連続測定	58
図 35: 周囲温度 50 °C における 600A 非連続測定	58
図 36: 周囲温度 23 °C における 750A 非連続測定	59

表のリスト

表 1: 増幅器オプション	3
表 2: サービス・オプション	3
表 3: 非通電状態の回路の消磁限界値	21
表 4: 自動車の充電システム検査のセットアップ	33
表 5: トラブルシューティング	40
表 6: 増幅器のエラー・コード	45
表 7: TCPA300 型と TCPA400 型の保証仕様	49
表 8: 増幅器の公称および代表特性	50
表 9: TCPA300 型と TCPA400 型の機械的特性	51
表 10: プローブの機械的特性	52
表 11: 出荷時の質量と寸法	52
表 12: 環境特性	53
表 13: 安全性適合情報	59

安全にご使用いただくために

人体への損傷を避け、本製品や本製品に接続されている製品への損傷を防止するために、次の安全性に関する注意をよくお読みください。

安全にご使用いただくために、本製品の指示に従ってください。

資格のあるサービス担当者以外は、保守点検手順を実行しないでください。

本製品をご使用の際に、規模の大きなシステムの他の製品にアクセスしなければならない場合があります。システムの操作に関する警告や注意事項については、他製品のマニュアルにある安全に関するセクションをお読みください。

火災や人体への損傷を 避けるには

適切な電源コードを使用してください。 本製品用に指定され、使用される国で認定された電源コードのみを使用してください。

接続と切断は正しく行ってください。 プローブと検査リードは、電圧ソースに接続されている間は着脱しないでください。

接続と切断は正しく行ってください。 プローブ出力を測定機器に接続してから、プローブを被測定回路に接続してください。被測定回路にプローブの基準リードを接続してから、プローブ入力を接続してください。プローブ入力とプローブの基準リードを被測定回路から取り外した後で、プローブを測定機器から取り外してください。

本製品を接地してください。 本製品は、電源コードのグランド線を使用して接地します。感電を避けるため、グランド線をアースに接続する必要があります。本製品の入出力端子に接続する前に、製品が正しく接地されていることを確認してください。

すべての端子の定格に従ってください。 火災や感電の危険を避けるために、本製品のすべての定格とマーキングに従ってください。本製品に電源を接続する前に、定格の詳細について、製品マニュアルを参照してください。

プローブの基準リードは、グランドにのみ接続してください。

電流プローブを、その定格電圧を超える電圧がかかっている電線に接続しないでください。

カバーを外した状態で動作させないでください。 カバーやパネルを外した状態で本製品を動作させないでください。

故障の疑いがあるときは動作させないでください。 本製品に故障の疑いがある場合、資格のあるサービス担当者に検査してもらってください。

露出した回路への接触は避けてください。 電源がオンのときに、露出した接続部分やコンポーネントに触れないでください。

適切なヒューズを使用してください。 本製品用に指定されたタイプおよび定格のヒューズのみを使用してください。

湿気の多いところでは動作させないでください。

爆発性のあるガスがある場所では使用しないでください。

製品の表面を清潔で乾燥した状態に保ってください。

適切に通気してください。適切な通気が得られるような製品の設置方法の詳細については、マニュアルの設置方法を参照してください。

本マニュアル内の用語

本マニュアルでは、次の用語を使用します。



警告： 人体や生命に危害をおよぼすおそれのある状態や行為を示します。



注意： 本製品やその他の接続機器に損害を与える状態や行為を示します。

本製品に関する記号と用語

本製品では、次の用語を使用します。

- DANGER: ただちに人体や生命に危険をおよぼす可能性があることを示します。
- WARNING: 人体や生命に危険をおよぼす可能性があることを示します。
- CAUTION: 本製品を含む周辺機器に損傷を与える可能性があることを示します。

本製品では、次の記号を使用します。



注意
マニュアル参照



保護接地
(アース)
端子



危険電圧の非絶縁導体に接続したり、非絶縁導体から取り外したりしないでください。



フレモノ
落とさないでください



絶縁ワイヤに対してのみ使用してください



警告 表面が高
温になります

適合性に関する情報

このセクションでは、本機器が適合している EMC 基準および環境基準について説明します。

EMC

EC 適合宣言 – EMC

指令 2004/108/EC 電磁環境両立性に適合します。『Official Journal of the European Communities』に記載の以下の仕様に準拠します。

EN 61326-1:2006、EN 61326-2-1:2006: 測定、制御、および実験用途の電子機器を対象とする EMC 基準。^{1 2 3}

- CISPR 11:2003: グループ 1、クラス A、放射および伝導エミッション
- IEC 61000-4-2:2001: 静電気放電イミュニティ
- IEC 61000-4-3:2002: RF 電磁界イミュニティ
- IEC 61000-4-4:2004: 電氣的ファスト・トランジェント／バースト・イミュニティ
- IEC 61000-4-5:2001: 電源サージ・イミュニティ
- IEC 61000-4-6:2003: 伝導 RF イミュニティ
- IEC 61000-4-11:2004: 電圧低下と停電イミュニティ⁴

EN 61000-3-2:2006: AC 電源高調波エミッション

EN 61000-3-3:1995: 電圧の変化、変動、およびフリッカ

欧州域内連絡先:

Tektronix UK, Ltd.
Western Peninsula
Western Road
Bracknell, RG12 1RF
United Kingdom

- ¹ 本製品は住居区域以外での使用を目的としたものです。住居区域で使用すると、電磁干渉の原因となることがあります。
- ² 本製品をテスト対象に接続した状態では、この規格が要求するレベルを超えるエミッションが発生する可能性があります。
- ³ ここに挙げた各種 EMC 規格に確実に準拠するには、高品質なシールドを持つインタフェース・ケーブルが必要です。
- ⁴ 70%/25 サイクルの電圧低下および 0%/250 サイクル瞬断の各テスト・レベルにおいて、性能基準 C を適用します (IEC 61000-4-11)。

**オーストラリア／ニュー
ジーランド適合宣言 -
EMC**

次の規格に準拠することで Radiocommunications Act の EMC 条項に適合しています。

- CISPR 11:2003 : グループ 1、クラス A、放射および伝導エミッション (EN61326-1:2006 および EN61326-2-1:2006 に準拠)

FCC (EMC)

エミッションは FCC 47 CFR、パート 15、サブパート B、クラス A 装置の制限に適合しています。

環境への影響について

このセクションでは、製品の環境に対する影響について説明します。

製品の廃棄方法

機器またはコンポーネントをリサイクルする際には、次のガイドラインを順守してください。

機器のリサイクル: この機器の製造には天然資源が使用されています。本製品には環境または人体に有害となる可能性のある物質が含まれているため、廃棄の際には適切に処理する必要があります。有害物質の放出を防ぎ、天然資源の使用を減らすため、本製品の部材の再利用とリサイクルの徹底にご協力ください。



このマークは、本製品が WEEE (廃棄電気・電子機器) およびバッテリーに関する Directive 2002/96/EC および 2006/66/EC に基づき、EU の諸要件に準拠していることを示しています。リサイクル方法については、Tektronix Web サイト (www.tektronix.com) の「Service & Support」のセクションを参照してください。

有害物質に関する規制

本製品は Monitoring and Control (監視および制御) 装置に分類され、2002/95/EC RoHS Directive (電気・電子機器含有特定危険物質使用制限指令) の範囲外です。

まえがき

このユーザ・マニュアルでは、TCPA300 型および TCPA400 型電流プローブ増幅器、およびこれらの増幅器と共に使用する TCP300/TCP400 シリーズ AC/DC 電流プローブの操作と基本的な保守点検について説明します。このマニュアルが対象とする電流プローブは次の通りです。

- TCP312 型 (30 A、100 MHz、TCPA300 型と組み合わせて使用)
- TCP305 型 (50 A、50 MHz、TCPA300 型と組み合わせて使用)
- TCP303 型 (150 A、15 MHz、TCPA300 型と組み合わせて使用)
- TCP404XL 型 (500 A*、2 MHz、TCPA400 型と組み合わせて使用)*デューティ・サイクルによる低下を考慮した場合、750 A DC

このマニュアルの「はじめに」と「操作の基本」の章では、これらの製品を初めて使用される方を対象に、基本的な操作方法について説明します。

「リファレンス」セクションでは、一通り操作方法を心得ている方を対象に、高度な応用例、ユーザによる診断方法、およびトラブルシューティングについて説明します。

「用語集」と「索引」は、目的とする情報の参照に役立ちます。

サービス・マニュアル

増幅器で使用するプローブの検査と校正については、サービス・マニュアルの「性能検査と調整」を参照してください。

増幅器の機構部の定期保守と修理については、「保守」セクションを参照してください。

このマニュアルの表記規則

TCPA300/TCPA400 型に共通の機能について説明する場合は、単に「増幅器」と記述し、どちらか一方に固有の機能について説明する場合は、モデル名を明記します。いずれかの増幅器に固有の記述では、その増幅器のモデル名を直接使用します。

TCP300/TCP400 シリーズの電流プローブ全般について説明する場合は、「電流プローブ」または「プローブ」と記述し、特定のプローブについて説明する場合は、モデル名を明記します。特定のプローブに固有の記述では、そのプローブのモデル名を直接使用します。

はじめに

TCPA300 型および TCPA400 型電流プローブ増幅器では、1つのプローブで AC 電流と DC 電流を同時に測定できます。増幅器は、感知した電流をオシロスコープで直接測定できる相対電圧信号に変換します。

TCPA300 型および TCPA400 型電流プローブ増幅器は、プローブとの間の電流フィードバック機構を備え、他の電流測定システムより直線性に優れています。また、その DC 測定能力と広帯域特性により、方形波や急峻な立上がり信号も正確に表示できます。

TCPA300 型と TCPA400 型、および関連するプローブには、次の特長があります。

- 最大 750 A ピークまで DC/AC 電流を同時測定
- 高感度
- オートバランスとプローブの消磁を 1 つのボタンで実行可能
- 電流プローブを増幅器に適合させるための調整が不要
- 信号の AC または DC カップリング
- TEKPROBE レベルII 対応のオシロスコープで、スケールと単位を直読可能

システム構成

電流測定システムは、電流プローブ増幅器、対応する電流プローブ、および適切なオシロスコープで構成されます。(図 1 参照)。

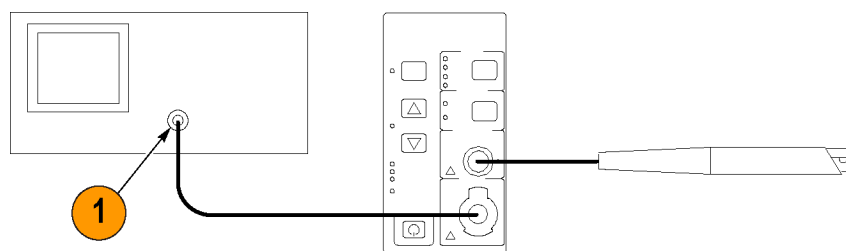


図 1: 標準的な TCPA300 型/TCPA400 型電流測定システム

1. 50 Ω オシロスコープ入力 – TEKPROBE インタフェース・ケーブルまたは 50 Ω ケーブルを使用 (オシロスコープに高インピーダンス入力しかない場合は、50 Ω のターミネーションをここに接続します)。

TCPA300 型および TCPA400 型電流プロー ブ増幅器

増幅器は、プローブが感知した電流を増幅し、その電流をオシロスコープや他の測定器で表示する相対電圧に変換します。

電流プローブ

次の当社電流プローブは、TCPA300 型増幅器に対応しています。

- TCP312 型 (30 A、100 MHz)
- TCP305 型 (50 A、50 MHz)
- TCP303 型 (150 A、15 MHz)

次の当社電流プローブは、TCPA400 型増幅器に対応しています。

- TCP404XL 型 (750 A¹、2 MHz)

¹ 連続使用で 500 A (デューティ・サイクルによる低下を考慮した場合、750 A DC)

TCP305 型および TCP312 型電流プローブと CT4 型大電流トランスを組み合わせて、AC 電流測定範囲を最大 20,000 A まで拡大できます。

オシロスコープ

オシロスコープは、電流測定システムからの出力を表示します。増幅器をオシロスコープの入力チャンネルに接続するための 50 Ω ケーブルが付属しています。また、TEKPROBE レベル II オシロスコープに接続するための TEKPROBE インタフェース・ケーブルも同梱されています。

オシロスコープの入力インピーダンスを 50 Ω に設定できない場合は、50 Ω の通過型ターミネーションが必要です。このターミネーションは、TCPA300 型および TCPA400 型電流プローブ増幅器にスタンダード・アクセサリとして付属しています。

オプション

表 1 は、TCPA300 型および TCPA400 型増幅器で指定できるオプションの一覧です。

表 1: 増幅器オプション

オプション	説明
A1	電源コード (ユニバーサル・ユーロ仕様)
A2	電源コード (英国仕様)
A3	電源コード (オーストラリア仕様)
A5	電源コード (スイス仕様)
A6	電源コード (日本仕様)
AC	電源コード (中国仕様)
A99	電源コードなし

次の表は、増幅器とプローブに併せてご注文いただける当社サービス・オプションです。(表 2 参照)。ISO9000 の要件に従って校正履歴を管理するオプションや、修理保証期間を延長するオプションをご購入いただくと、長期にわたり保守費用を固定し、予想外の支出を抑えることができます。当社サービス・オプションは機器の注文時にご指定いただけます。詳細については、各地域の当社営業所にお問い合わせください。

表 2: サービス・オプション

オプション	説明
D1	出荷時に工場から初期状態の検査データ・レポートを提供します。
C3	出荷時に工場の校正証明書を提供し、校正保証期間を 2 年間延長します。保証期間中は、推奨校正間隔に従って機器を校正します。
D3	出荷時に検査データを提供します。また、3 年間の保証期間中に実行する校正 (C3 オプション) ごとに検査データ・レポートを提供します。
R3	機器の修理保証書を 3 年間に延長します。
C5	出荷時に工場の校正証明書を提供し、校正保証期間を 4 年間延長します。保証期間中は、推奨校正間隔に従って機器を校正します。
D5	出荷時に検査データを提供します。また、5 年間の保証期間中に実行する校正 (オプション C5 が必要) ごとに検査データ・レポートを提供します。
R5	機器の修理保証書を 5 年間に延長します。

スタンダード・アクセサリ

増幅器とプローブには、次のアクセサリが付属しています。

増幅器

TCPA300 型およびTCPA400 型増幅器には、次のアクセサリが付属しています。

- 電源コード(お客様指定)
- BNC ケーブル
- ターミネーション、50 Ω 2W
- TEKPROBE 用接続ケーブル
- ユーザ・マニュアル(英語または日本語、お客様指定)
- 校正証明書

プローブ

電流プローブには、次のアクセサリが付属しています。

- 保護ケース
- プローブ用グラウンド・リード、15 センチ(TCP305 型および TCP312 型のみ)
- インストラクション・シート
- 校正証明書

オプション・アクセサリ

増幅器とプローブのオプションとして、次のアクセサリを注文できます。

- 電流ループ、1ターン、50 Ω 。電流ループは、TCPA300 型増幅器および対応するプローブの性能をチェックするための性能検査手順で使用します。
- CT4 型大電流トランス。大振幅の AC 電流を測定する必要がある場合は、TCP303 型および TCP312 型プローブと共に CT4 型の使用を検討してください。CT4 型は、20:1 または 1000:1 の比率でステップ・ダウンが可能です。詳細については、当社営業担当者までお問い合わせください。
- TCPA 校正アダプタ。TCPA 用校正アダプタを使用して、電流プローブを接続しない状態で増幅器の性能を確認します。
- 運搬ケース。運搬ケースには、増幅器 1 台と電流プローブ 2 台、および関連するケーブルとアダプタを格納するスペースがあります。
- デスキュー・フィクスチャ。このフィクスチャは、TDS5000 型または TDS7000 型のプローブ補正出力またはトリガ出力を一連のテスト・ポイント接続に変換します。これにより、電圧プローブと電流プローブ間のタイミングの差を補正できます。

保護ケース

TCP300/TCP400 シリーズ電流プローブには、プローブ保護カバーが付属しています。使用しないプローブはカバーで保護し、作業台やデスクの邪魔にならない場所に置いてください。保護カバーは、作業の邪魔にならないように、作業台の横に取り付けておくことができます。(図 2 参照)。

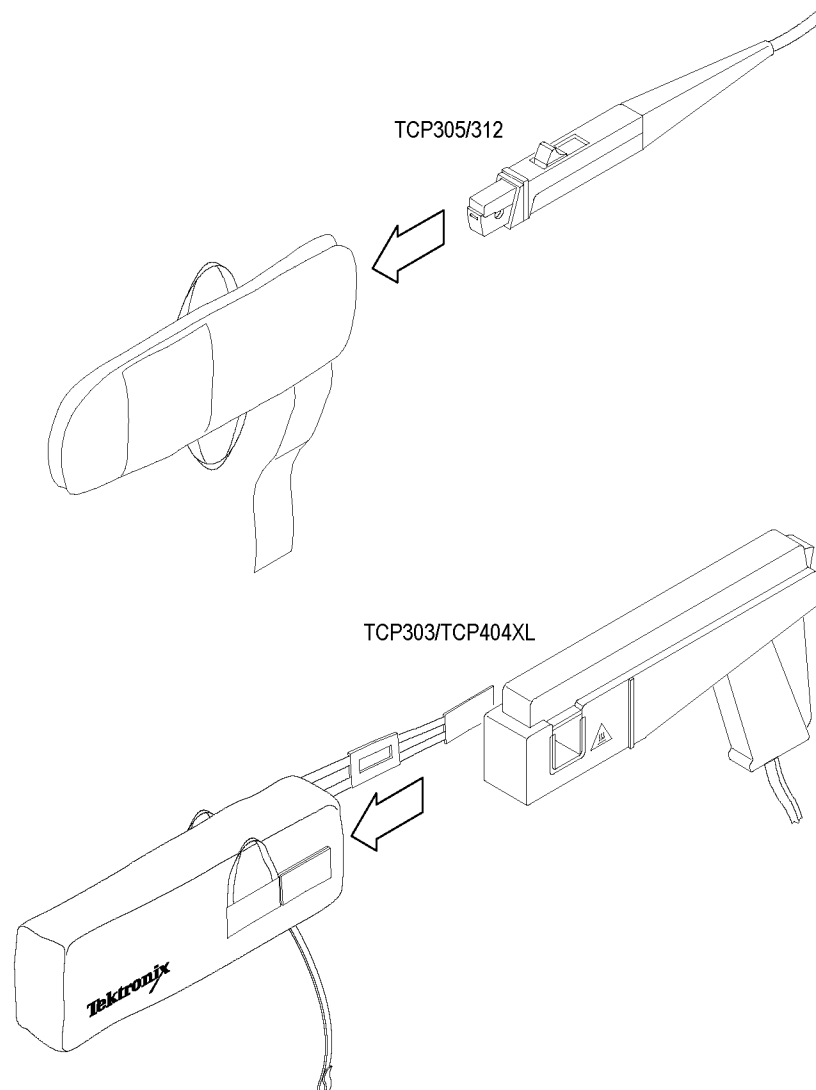


図 2: 保護カバーの使用

運搬ケース

運搬ケースは、TCPA300 型/TCPA400 型増幅器の推奨アクセサリです。運搬ケースには、増幅器 1 台と大小の TCP300/TCP400 シリーズ電流プローブ 2 台を格納するためのスペースがあります。(たとえば、TCP305 型および TCP303 型プローブを 1 台ずつ格納できます)。関連するケーブルとターミネーションを格納するスペースも用意されています。(図 3 参照)。



図 3: 運搬ケース内の機器の格納場所

1. 大型電流プローブ
2. プローブ・ホルダ
3. 小型電流プローブ
4. 増幅器
5. ケーブルおよびターミネーション

増幅器からオシロスコープへの接続

TCPA300 型および TCPA400 型の測定出力を表示するためには、オシロスコープが必要です。プローブと増幅器の組み合わせが実現するダイナミック・レンジを完全にカバーするには、オシロスコープで 1 mV/div ~ 1 V/div の垂直軸スケール・ファクタを表示できる必要があります。

TEKPROBE II 対応のオシロスコープを使用する場合は、TEKPROBE インタフェース・ケーブルを使用してください。それ以外の場合は、付属する 50 Ω BNC ケーブルを使用して、増幅器の出力コネクタからオシロスコープに接続します。(1 ページの 図 1 参照)。

オシロスコープ・チャンネルの入力インピーダンスは、50 Ω である必要があります。それ以外の場合は、パルス応答の遅延、異常の増加、不正確な DC 振幅などの結果が生じます。オシロスコープに 1 M Ω 入力しかない場合は、オシロスコープ入力と BNC ケーブル間に 50 Ω の通過型ターミネーションを取り付ける必要があります。このターミネーションは、BNC ケーブルの増幅器側には取り付けないでください。

TCPA300 型と TCPA400 型、および接続する電流プローブの広帯域特性を生かすには、オシロスコープの帯域が電流プローブの約 5 倍以上である必要があります。たとえば、TCP312 型電流プローブを使用する場合、オシロスコープの帯域は最低でも 500 MHz が必要です。TCP305 型電流プローブを使用する場合は、オシロスコープの帯域として最低でも 250 MHz が必要です。

増幅器をオシロスコープに接続したら、機器が一定の温度までウォーム・アップするのを待ちます。通常は 20 分かかります。

増幅器の電源をオンにする

増幅器の裏側の電源入力コネクタに電源コードを接続し、その電源コードを主電源 (100 VAC ~ 240 VAC、50 Hz ~ 400 Hz) に接続します。適切な通気のために、増幅器のリア・パネルは障害物から少なくとも 5 センチ離して設置してください。増幅器は底部のゴム脚を下にして設置し、増幅器の底部に紙などの異物がないことを確認してください。底部に異物があると、空気の流れが妨げられてオーバーヒートの原因となります。

フロント・パネルの左下にある ON/STANDBY ボタンを押して、増幅器の電源をオンにします。増幅器はセルフテストを実行し、フロント・パネルのインジケータが 1 回ずつ点灯します。

注： 増幅器は、電源コードが抜かれたときの電源状態を保持します。増幅器をスタンバイ・モードにせずにコードを抜いた場合、再び電源コードを接続するとすぐに増幅器の電源がオンになります。

プローブを増幅器に接続すると、増幅器は検出回路により、非対応プローブ・タイプやプローブ・オープンなどのプローブの状態を示します。

電流プローブを増幅器に接続

電流プローブを増幅器の入力コネクタに接続するには、図を参照して次のように行ってください。(図 4 参照)。

1. プローブを接続する際は、赤い点を合わせてください。
2. プローブ・コネクタを押し込みます。コネクタを回転させないでください。
3. プローブを外す場合は、継ぎ環を手前にずらしてください。
4. コネクタを引いて外します。

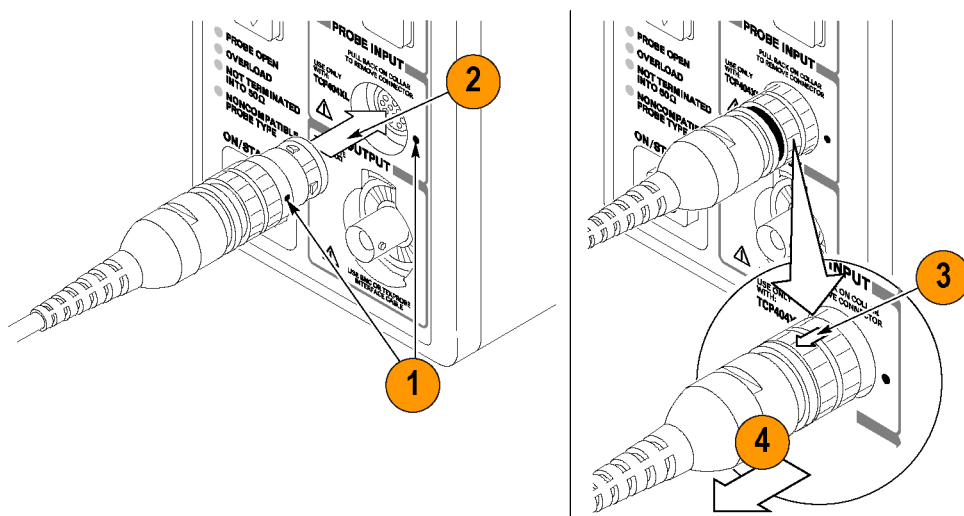


図 4: 増幅器への電流プローブの接続および取り外し



注意: 電流プローブは慎重に取り扱ってください。プローブは落したりぶつけたりしないでください。コアが損傷する可能性があります。

プローブで通電状態の導体をクランプしている間は、電流プローブを増幅器に接続したり取り外したりしないでください。プローブが電氣的損傷を受ける可能性があります。

プローブを不適切な増幅器(たとえば、TCP312 型を TCPA400 型)に接続すると、NONCOMPATIBLE PROBE TYPE インジケータが点灯します。プローブを取り外して、正しい増幅器を使用してください。TCPA400 型増幅器には TCP3XX 型プローブを接続できますが、正しく機能するのは TCP4XX 型プローブだけです。

各電流プローブは出荷前に校正されており、さらに調整する必要はありません。プローブの調整が必要な場合は、サービス・マニュアルの説明を参照してください。この調整手順は、資格のあるサービス担当者が行う必要があります。詳細については、最寄りの当社サービス・センターへお問い合わせください。

電流プローブ・スライドの操作

各電流プローブには、プローブの開口部を開閉するためのスライド機構があります。これにより、被測定導体をプローブでクランプできます。電流の正確な測定やプローブの消磁を行うためには、スライドを閉じてロックする必要があります。プローブのロックが解除されている場合は、増幅器の PROBE OPEN インジケータが点灯します。



警告： TCP305 型または TCP312 型電流プローブで絶縁されていないワイヤをクランプしないでください。プローブが損傷したり、人体に危害が及ぶ可能性があります。TCP305 型または TCP312 型電流プローブは、絶縁ワイヤにのみ使用してください。

絶縁されていないワイヤの電流測定には、TCP303 型および TCP404XL 型電流プローブを使用してください。ただし、電流プローブの接続または取り外しの際は、回路の電流を切る必要があります。

次の図は、TCP305 型および TCP312 型電流プローブのスライド操作を示しています。(図 5 参照)。プローブを開くには、開口部が開くまでスライドを手前に引きます。プローブをロックするには、スライドがカチッと閉まるまでスライドを押し込みます。

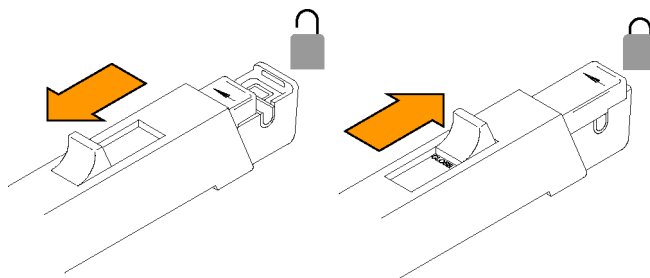


図 5: TCP312 型および TCP305 型のスライド操作

次の図は、TCP303 型および TCP404XL 型電流プローブのスライド操作を示しています。プローブを開くには、次のように行います。

1. ロック・ボタンの下側を押します。
2. コアが開くまでハンドルを押します。
3. プローブ・コアに導体を通します。

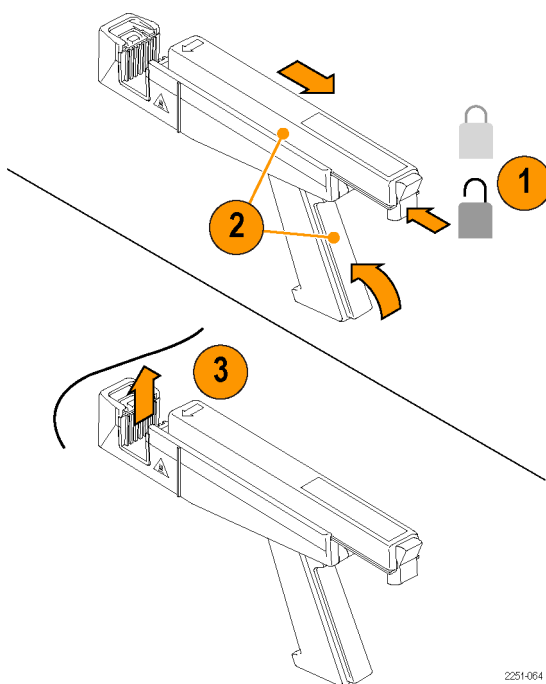


図 6: TCP303 型および TCP404XL 型のロックを解除して開く

4. プローブをロックするには、スクイーズ・ハンドルを放します。
5. ロック・ボタンの上側を押します。

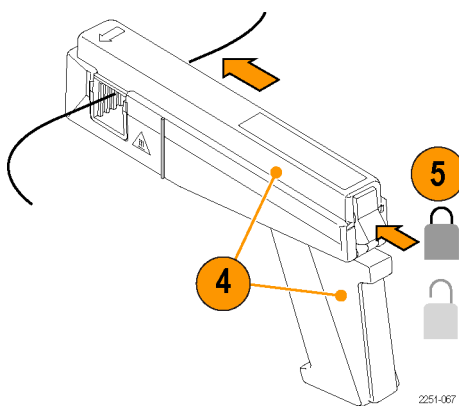


図 7: TCP303 型および TCP404XL 型を閉じてロックする

電流プローブの消磁とオートバランス

プローブを消磁すると、プローブ・コアからすべての残留磁気を取り除かれます。残留磁気は、測定誤差を招く可能性があります。オートバランスは、増幅器の回路から不要な DC オフセットを取り除きます。測定誤差の主な原因として、プローブを消磁しないことが挙げられます。プローブの消磁が終了するまで DEGAUSS インジケータが点滅します。

プローブを消磁するには、テスト回路からプローブを取り外してから、または被測定導体に電流が流れていないことを確認してから、スライドを閉じてロックし、増幅器のフロント・パネルにある PROBE DEGAUSS AUTOBALANCE ボタンを押します。測定の確度を維持するために、次の場合にはプローブを消磁してください。

- 増幅器の電源をオンにし、20 分間のウォーム・アップ期間が終了した後
- プローブを導体に接続する前
- 電流または熱のオーバー・ロードが発生した場合
- 新しいプローブを接続した場合
- プローブを強力な外部磁界にさらした場合
- 通常の使用において定期的に

電流プローブを消磁しオートバランスを行うには、次の手順に従います。

1. 電流プローブが増幅器に接続されていることを確認します。
2. 被測定導体から電流プローブを取り外します。
3. プローブ・スライドを閉じてロックします。(図 5 参照)。(図 6 参照)。
4. 増幅器の PROBE DEGAUSS AUTOBALANCE ボタンを押します。
5. 消磁処理が終了するまで 5 分ほど待ちます。

操作が完了すると、PROBE DEGAUSS AUTOBALANCE インジケータが緑色に点灯します。このインジケータがオレンジ色に点滅している場合、消磁操作はまだ続行中です。インジケータが赤色に点灯した場合は、操作が失敗しました。原因を確認して修正してください。(16 ページ「PROBE DEGAUSS AUTOBALANCE ボタンとインジケータ」参照)。

注: 増幅器が 50 Ω の入力インピーダンスを持つオシロスコープに正しく接続されていないと、消磁操作は失敗します。この場合は、増幅器のフロント・パネルの NOT TERMINATED INTO 50 Ω インジケータが点灯します。

オシロスコープの調整と増幅器の消磁／オートバランス操作を完了したら、電流測定を開始できます。

DC 測定

DC 電流を測定するには、次の手順でまずプローブを消磁します。

1. 増幅器とオシロスコープ入力のカップリングが DC に設定され、入力インピーダンスが 50 Ω に設定されていることを確認します。
2. 導体を通さずに、プローブを閉じてロックします。
3. オシロスコープのグランド基準を調整して、トレースを適切な目盛ラインに合わせます。
4. 増幅器の PROBE DEGAUSS AUTOBALANCE ボタンを押します。

インピーダンスが 50 Ω でない場合は、NOT TERMINATED INTO 50 Ω インジケータが点灯します。その場合は、必要な変更を行ってください。(たとえば、50 Ω ターミネーションを使用します。)

5. 消磁／オートバランスの作業が終了したら、必要に応じて増幅器の MANUAL BALANCE コントロールを使用して、グランド基準を調整します。



警告： 絶縁されていないワイヤを TCP305 型または TCP312 型電流プローブでクランプしないでください。プローブが損傷したり、人体に危害が及ぶ可能性があります。TCP305 型または TCP312 型電流プローブは、絶縁ワイヤにのみ使用してください。

絶縁されていないワイヤの電流測定には、TCP303 型および TCP404XL 型電流プローブを使用してください。ただし、電流プローブの接続または取り外しの際は、回路の電流を切る必要があります。

図は、電源ラインに接続された電流プローブです。(図 8 参照)。

プローブの矢印が電源の負の端子に向かっており、通常の電流の流れ(正 (+) から負 (-))に一致していることを確認してください。DC 電流を測定するには、次の手順に従います。

1. プローブ・スライドを開き、プローブに被測定導体を通してスライドをロックします。
2. 測定の極性を正しくするには、プローブの矢印が通常の電流の流れの方向(正から負)に向いていることを確認します。流れを逆にすると、オシロスコープ上で電流の波形が上下逆になって表示されます。
3. 必要に応じて、オシロスコープの時間軸、トリガ、およびゲインを調整します。

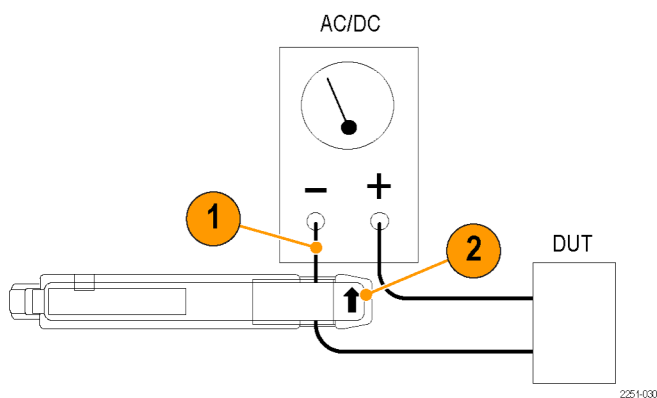


図 8: 電流プローブの極性

AC 測定

AC 電流のみを測定し、測定する電流の DC 成分を取り除くには、次の手順に従います。これは、手順 2 の増幅器カップリングを AC に設定することを除いて、DC 電流測定の手順と同じです。

1. オシロスコープの入力カップリングが DC に設定されていることを確認します。
2. 増幅器の入力カップリングが AC で、入力インピーダンスが $50\ \Omega$ に設定されていることを確認してください。（インピーダンスが $50\ \Omega$ でない場合は、NOT TERMINATED INTO $50\ \Omega$ インジケータが点灯します。）
3. オシロスコープのグランド基準を調整して、トレースを適切な目盛ラインに合わせます。
4. 導体を通さずにプローブを閉じてロックし、増幅器の PROBE DEGAUSS AUTOBALANCE ボタンを押します。



警告： 絶縁されていないワイヤを TCP305 型または TCP312 型電流プローブでクランプしないでください。プローブが損傷したり、人体に危害が及ぶ可能性があります。TCP305 型または TCP312 型電流プローブは、絶縁ワイヤにのみ使用してください。

絶縁されていないワイヤの電流測定には、TCP303 型および TCP404XL 型電流プローブを使用してください。ただし、電流プローブの接続または取り外しの際は、回路の電流を切る必要があります。

5. プローブ・スライドを開き、プローブに被測定導体を通してスライドをロックします。測定の極性を正しくするには、プローブの矢印が通常の電流の流れの方向（正から負）に向いていることを確認します。流れを逆にすると、オシロスコープに電流の波形が逆になって表示されます。

注： AC 電流を測定する場合でも、オシロスコープのカップリングは DC のままにしてください。増幅器のカップリングのみを AC に変更します。オシロスコープの AC カップリングを使用すると、増幅器の出力ダイナミック・レンジを超えることがあります。

6. 必要に応じて、オシロスコープの時間軸とトリガを調整します。

コントロールの概要

このセクションでは、TCPA300 型および TCPA400 型のフロント・パネルのコントロールとコネクタの各機能について説明します。まずコントロールとコネクタの全体的な配置を示し、続いて個々の機能を詳しく説明します。(図 9 参照)。

この図では、使用する機会の少ない機能は省略してあります。これらの機能は、図の後の説明で詳しく説明します。

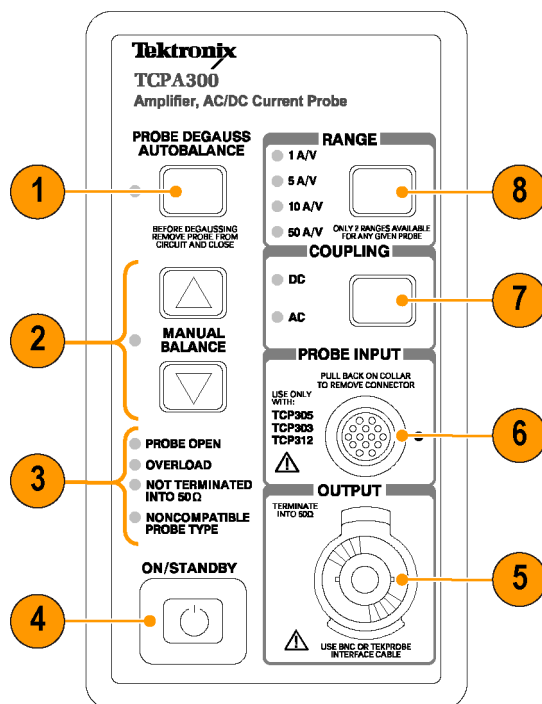


図 9: TCPA300 型フロント・パネル

1. PROBE DEGAUSS AUTOBALANCE ボタン。取り付けた電流プローブから残留磁気を除去します。消磁回路の状態はインジケータの色で示します。
2. MANUAL BALANCE ボタン。増幅器の DC オフセットの微調整に使用します。どちらのボタンも、押すと横のインジケータが点灯します。
3. 4 つのプローブ・エラー・インジケータ。PROBE OPEN、OVERLOAD (電流または温度)、NOT TERMINATED INTO 50 Ω 、および NONCOMPATIBLE PROBE TYPE の各障害を示します。
4. ON/STANDBY ボタン。増幅器の電源をオンにします。
5. OUTPUT コネクタ。これをオシロスコプの 50 Ω 入力に接続し、TCPA300 型または TCPA400 型の出力を供給します。

6. PROBE INPUT コネクタ。ここに電流プローブを接続します。
7. COUPLING ボタン。AC カップリング、DC カップリングを切り替えます。選択したカップリングはインジケータに示されます。
8. RANGE ボタン。取り付けたプローブで利用できる 2 つのスケール・ファクタを切り替えます (TCPA300 型のみ)。選択したレンジはインジケータに示されます。

TCPA300 型および TCPA400 型のコントロール

フロント・パネルのコントロールとインジケータは、特にことわりのない限り、TCPA300 型および TCPA400 型の両方の電流プローブ増幅器に共通です。

PROBE DEGAUSS AUTOBALANCE ボタン とインジケータ

このボタンを押すと、測定確度を向上する 2 つの機能が実行されます。まず、消磁信号を発生し、取り付けられている電流プローブから残留磁気が除去されます。次に、回路から不要な DC オフセットを取り除く操作が開始されます。消磁操作中、増幅器はビジー状態になり、電流の測定には使用できません。

PROBE DEGAUSS AUTOBALANCE ボタンの横にあるインジケータ・ライトは、電流プローブの消磁が必要なことが判明すると赤く点滅します。増幅器では、プローブの消磁が必要な状況をすべて検出することはできません。したがって、PROBE DEGAUSS AUTOBALANCE ライトが赤く点滅していなくてもプローブの消磁が必要となる場合もあります。次のいずれかの場合、ライトが赤く点滅して電流プローブの消磁が必要なことを示します。

- 電流プローブが接続された状態で、増幅器がオンにされた直後
- 電流プローブが変更された場合
- オーバー・ロードが検出された場合

プローブの消磁／オートバランス機能を実行するには、すべての導体からプローブを取り外し (または被測定導体に電源が入っていないことを確認し)、プローブが閉じてロックされていることを確認してから、PROBE DEGAUSS AUTOBALANCE ボタンを押します。電流プローブが増幅器の入力から外されている場合や、ロックが解除されている (PROBE OPEN インジケータがオン) 場合は、プローブの消磁／オートバランス操作は実行されません。

プローブの消磁操作中、増幅器のインジケータはオレンジ色に点滅します。消磁およびオートバランス操作が終了すると、インジケータ・ライトは緑色に変わります。

消磁完了後に MANUAL BALANCE ボタンを押すと、PROBE DEGAUSS AUTOBALANCE インジケータ・ライトはオレンジ色になります。これは、DC オフセット値が消磁操作中に設定された元の値から手動で変更されたことを示します。MANUAL BALANCE ボタンを使用して入力したオフセット (バランス) の量によっては、正確な測定を行うためにさらに消磁操作が必要になる場合があります。一般に、DC オフセットの変更が 5 目盛を超えた場合は、被測定回

路の電源を切り、もう一度消磁操作を実行する必要があります。その後、回路の電源を入れ直して測定を行います。

消磁操作が失敗し、かつ AC COUPLING と DC COUPLING インジケータが交互に点滅した場合は、フロント・パネル左下の 4 つの状態インジケータがエラー・コードを示しています。

(44 ページ「Probe Degauss Autobalance ボタンによるエラー・コードの表示」参照)。

注：増幅器の出力が 50 Ω の負荷に終端されていない場合は、NOT TERMINATED INTO 50 Ω インジケータがオンになります。増幅器の OUTPUT コネクタが 50 Ω の BNC ケーブルを使用してオシロスコープの入力に接続され、オシロスコープの入力が 50 Ω のインピーダンスに設定されていることを確認してください。正しいケーブル接続を参照してください。(1 ページの図 1 参照)。

オシロスコープの入力インピーダンスを 50 Ω に設定できない場合は、オシロスコープの入力に 50 Ω の通過型ターミネーションを接続し、増幅器の出力ケーブルをそのターミネーションに接続します。通過型ターミネーションは、BNC 接続ケーブルの増幅器側には取り付けないでください。

MANUAL BALANCE ボタンとインジケータ

MANUAL BALANCE ボタンを使用して、増幅器の OUTPUT コネクタに出力される DC オフセットを微調節できます。手動によるバランス調節は、増幅器が DC カップリングに設定されている場合にのみ機能し、MANUAL BALANCE インジケータは、DC カップリング・モードでいずれかの MANUAL BALANCE ボタンを押した後にのみ点灯します。

PROBE OPEN インジケータ

このインジケータが点灯した場合は、電流プローブのロックが解除されています。プローブを消磁したり、電流を正しく測定するには、プローブのスライドがロックされている必要があります。

OVERLOAD インジケータ

このインジケータが赤の場合は、連続測定容量を超えて測定が行われていることを示します。

このインジケータがオレンジ色の場合は、プローブ (および場合により増幅器) が安全な動作時温度を超えていることを示します。電流源からプローブを取り外し、プローブの先端と増幅器の冷却時間を設けます。

このインジケータが赤とオレンジ色で点滅する場合は、プローブの安全動作温度および電流の両方について、その上限を超えていることを示しています。



警告： 人体の傷害や機器の損傷を回避するために、TCPA300 型および TCPA400 型または装着可能なすべてのアクセサリについて、指定された電氣的制限を超えないようにしてください。

NOT TERMINATED

このインジケータが点灯した場合は、増幅器の OUTPUT コネクタからの TEKPROBE インタフェース・ケーブルまたは BNC ケーブルが、オシロスコープの 50 Ω 入力に接続されていません。オシロスコープのターミネーション設定を 50 Ω に切り替えるか、オシロスコープの入力で 50 Ω のターミネーションを使用する必要があります。

注: NOT TERMINATED INTO 50 Ω は、DEGAUSS AUTOBALANCE の操作時のみ検出されます。

NONCOMPATIBLE

このインジケータが点灯した場合は、増幅器に接続されているプローブがこの増幅器では使用できないことを示します。TCP3XX 型プローブは、TCPA300 型増幅器との組み合わせでのみ使用でき、TCP404XL 型プローブは、TCPA400 型増幅器との組み合わせでのみ使用できます。

ON/STANDBY ボタン

このボタンを使用して、増幅器の電源を入れます。増幅器がスタンバイ・モードの場合、増幅器は節電モードになっています。ほとんどの二次回路は無効になっていますが、AC 電源は増幅器の電源に接続されたままの状態です。

RANGE ボタン

RANGE ボタンを押して、TCPA300 型に接続したプローブのスケール・ファクタ (感度設定) を切り替えます。RANGE インジケータが点灯していない場合、プローブは増幅器に接続されていません。

COUPLING ボタンとインジケータ

COUPLING ボタンにより、TCPA300 型 / TCPA400 型とオシロスコープ間のカップリングが決まります。COUPLING ボタンを押して、AC カップリングと DC カップリングを切り替えます。DC 測定と AC 測定を組み合わせる場合は、DC カップリングを使用します。AC 測定の場合は、AC カップリングを使用します。増幅器が AC カップリングに設定されている場合、出力波形に DC オフセット成分が表示されないため、手動バランスによる調整は無効になります。

注: AC 電流を測定する場合でも、オシロスコープのカップリングは DC のままにしてください。増幅器のカップリングのみを AC に変更します。オシロスコープの AC カップリングを使用すると、増幅器の出力ダイナミック・レンジを超えることがあります。

通常の操作では、AC COUPLING と DC COUPLING のインジケータは、増幅器のカップリング・モードを示します。消磁操作後にインジケータが交互に点滅する場合は、フロント・パネルの左下の 4 つの状態インジケータがエラー・コードを表示しています。(44 ページ「Probe Degauss Autobalance ボタンによるエラー・コードの表示」参照)。

PROBE INPUT コネクタ

TCPA300 型および TCPA400 型で使用するすべての電流プローブは、PROBE INPUT コネクタに接続します。このコネクタは、マルチピンのメス・コネクタです。プローブの接続に関する情報を参照してください。(8 ページ「電流プローブを増幅器に接続」参照)。

OUTPUT コネクタ

増幅器の電流測定出力は OUTPUT コネクタに出力され、これをオシロスコープの入力に接続する必要があります。50 Ω の BNC ケーブルの一端をこのコネクタに接続し、もう一方をオシロスコープの 50 Ω 垂直入力に接続します。増幅器の出力インピーダンスは 50 Ω です。

当社のオシロスコープで電流値を直読するには、TEKPROBE インタフェース・ケーブルを使用して増幅器をオシロスコープに接続します。

注： 正確に測定するためには、オシロスコープの入力インピーダンスが 50 Ω でなければなりません。増幅器の OUTPUT コネクタからオシロスコープの入力への接続に 50 Ω BNC ケーブルが使用されていること、およびオシロスコープの入力インピーダンスが 50 Ω に設定されていることを確認してください。正しいケーブル接続を参照してください。(1 ページの 図 1 参照)。

オシロスコープの入力インピーダンスを 50 Ω に設定できない場合は、オシロスコープの入力に 50 Ω の通過型ターミネーションを接続し、増幅器の出力ケーブルをそのターミネーションに接続します。通過型ターミネーションは、BNC 接続ケーブルの増幅器側には取り付けないでください。

プローブの DC ゲイン調整(プローブ側)

PROBE DEGAUSS AUTOBALANCE を実行すると、プローブと増幅器システムは、公開されているすべての仕様を満足します。ただし、システム確度の公差を向上させたり、システム全体のエラーを補正するために意図的に確度をオフセットする場合は、プローブのゲインを手動で調整することができます。調整の手順および位置については、サービス・マニュアルを参照してください。

注： DC ゲイン調整を変更する場合は、初期校正済みの位置に復帰できるように、現在位置を事前に記録しておいてください。DC ゲイン調整を変更すると、プローブが保証 DC 確度の仕様を満足しなくなることがあります。

たとえば、1 A/V レンジの TCP312 型プローブの通常確度は 1% です。3 Ap-p、1 kHz の方形波の測定で確度を向上させたい場合(少なくとも 0.25% の向上が可能)は、最初に校正された 3 Ap-p、1kHz の方形波信号源を使用して、1 A/V レンジ設定で TCP312 型を調整します。次に、プローブを回路に接続し、測定を行います。DCゲイン調整を変更すると、プローブが保証済みの DC 確度の仕様を満たさなくなることがあります。

GPIB 操作

TCPA300 型および TCPA400 型電流プローブ増幅器には、直接的な GPIB 接続はありません。ただし、コンピュータを使用して増幅器の接続先のオシロ

スコープを制御し、オシロスコープの GPIB バスで電流測定的时间軸とスケール・ファクタを変更できます。

GPIB バスの使用方法については、ご使用のオシロスコープのマニュアルを参照してください。

リファレンス・ノート

このセクションでは、TCPA300/TCPA400 型電流プローブの機能を最大限に活用する上で役立つ情報を提供します。

開口部に非通電状態の導体を入れた状態でのプローブの消磁

ほとんどの場合、開口部に通電していない回路の導体をクランプしたままで電流プローブを消磁することができます。通電していない回路で消磁する利点は、漂遊 DC 磁界から生じるオフセットを補正できることです。自動化された環境では、プローブ開口部に導体を置いたまま消磁することで、プローブを手動で取り外す必要がなくなります。

注：プローブの開口部の導体が、完全に非通電状態であることを確認してください。導体に電流が流れていると、電流プローブに残留オフセットが生じ、増幅器が不正確な結果を報告する可能性があります。

回路インピーダンスが表に示すインピーダンスよりも高ければ、増幅器はプローブ・コアを飽和させることができるため、消磁操作は成功します。(22 ページの図 11 参照)。消磁中は、プローブによって非通電状態の回路に表に示す電圧が誘導されます。(22 ページの図 11 参照)。回路が、この誘導電圧を吸収できる必要があります。低インピーダンスの回路では、測定中の回路に数アンペアの電流が誘導されることがあります。非常に細い導体を使用している場合は、この現象が問題になる場合があります。

表 3: 非通電状態の回路の消磁限界値

プローブの種類	最小回路抵抗	最大誘導電圧
TCP312 型	10 mW	40 mV、200 Hz
TCP305 型	5 mW	40 mV、200 Hz
TCP303 型	5 mW	30 mV、200 Hz
TCP404XL 型	1 mW	15 mV、100 Hz

差動電流の測定

1 つの電流プローブに 2 本の導体を通して、差動電流やゼロ電流を測定することができます。(図 10 参照)。これにより、1 台の差動オシロスコープで 2 つの電流測定システムを使用する必要がなくなります。

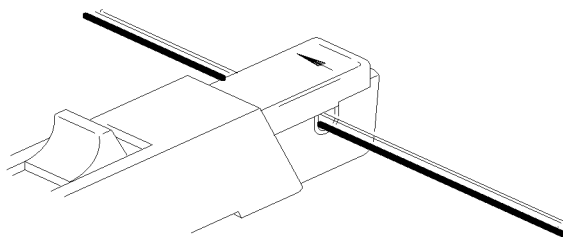


図 10: 2 本の導体の測定



警告： 感電や火災による人体や生命への危険を避けるため、TCP303 型または TCP404XL 型のプローブには、同時に複数の非絶縁導体を挿入しないでください。絶縁されていない導体を TCP305 型または TCP312 型プローブに通さないでください。非絶縁導体とは、絶縁されていないか、被測定導体の電圧に見合う絶縁が行われていない導体を指します。

絶縁導体とは、導体の電圧を絶縁できる絶縁材料によって取り巻かれている導体を指します。電流プローブを使用する場合、一般にトランスの巻線に見られるようなラッカー被覆は信頼できる十分な絶縁ではありません。ラッカー被覆は簡単に傷が付き、絶縁能力が失われる恐れがあります。

スライドを無理に閉めないでください。プローブが損傷する恐れがあります。導体を通してスライドを閉じられない場合は、測定する導体の本数を減らすか、可能な場合は細目の導体で測定してください。

1. 2 本の被測定導体の向きは、極性が互いに逆になるようにします。
2. 図のように、電流プローブで 2 本の導体をクランプします。プローブの開口部内の導体を傷付けないように注意してください。

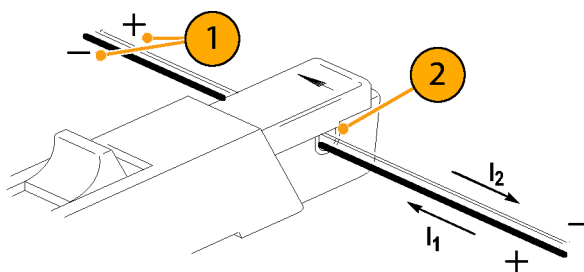
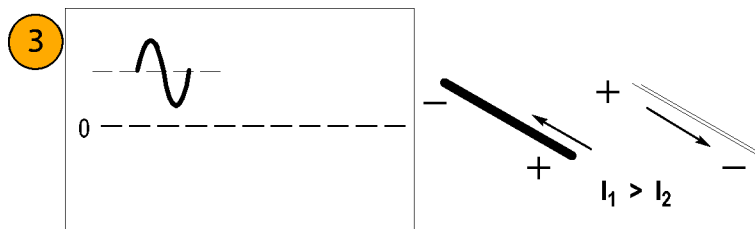
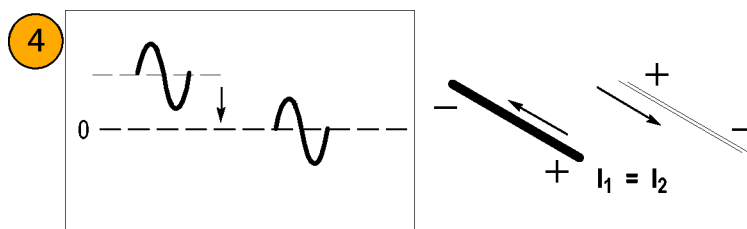


図 11: 差動電流とゼロ電流の測定

3. 電流を測定します。ベースラインより上に波形が存在する場合、通常の電流の向き (I_1 、プローブの矢印の方向) に流れる導体の方に、より大きな電流が流れています。通常の電流の方向は正から負です。



4. 電流をゼロに調整するには、一方の導体に流れる電流を調整して、表示される測定値をゼロにします。



AC/DC カップリング

TCPA300 型や TCPA400 型への信号入力を DC カップリングまたは AC カップリングのいずれかでカップリングすることができます。DC カップリングは、DC 成分と AC 成分の測定値を示します。一方、AC カップリングでは、表示される信号の DC 成分は除外されています。AC カップリングを使用する場合は、入力する DC 電流がプローブの仕様を超えないように注意してください。

AC カップリングでは、AC カップリングの低周波帯域より高い周波域で波形に影響がでます。たとえば、パルス電流がロールオフしたり振幅の低下を示すことがあります。(図 12 参照)。

1. AC カップリングの場合の低周波の方形波。信号が低周波のロールオフを示しています。
2. 増幅器のカップリングを DC に変えると、パルスは (b) に示すように、正確な方形波として表示されます。

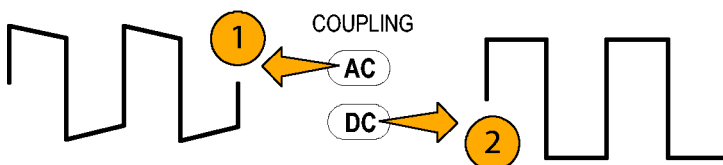


図 12: 低周波信号における AC カップリングまたは DC カップリングの影響

比較的大きな DC 成分に重畳する低周波信号を調べたい場合は、次の手順に従って信号を表示します。

1. ダイナミック・レンジに収まる範囲で信号を詳細に表示するように、レンジ設定を選択します。
2. 信号の詳細が表示されるように、オシロスコープの V/div の感度 (TEKPROBE インタフェースを使用する場合は A/div) を調整します。

最大電流限界値

電流プローブには、連続電流、パルス電流、および電流時間積の 3 つの最大電流定格があります。これらの定格のいずれかを超えると、プローブ・コアは飽和して磁気を帯び、測定エラーの原因になります。

- 最大連続電流は、DC または指定した AC 周波数で連続的に測定できる最大電流を指します。(49 ページ「仕様」参照)。最大連続電流値は、周波数と共に低下します。周波数が高くなると、最大連続電流定格は下がります。
- 最大パルス電流は、(制限帯域内で)パルス幅に関係なくプローブが正確に測定できるパルス電流の最大ピーク値を指します。
- 電流時間積は、パルス振幅が最大連続電流と最大パルス電流の仕様値の間にある場合に、測定可能なパルス電流の最大幅を決定します。最大連続電流の仕様自体が周波数によって変化します。

注：プローブの最大連続電流、最大パルス電流、または電流時間積の定格を超える電流を測定した後は、必ずプローブを消磁してください。これらの定格を超えるとプローブは磁気を帯び、測定エラーの原因になります。

測定で電流時間積を超えるかどうかを判断するために、次の手順 A (最大許容パルス幅) または手順 B (最大許容パルス振幅) のいずれかを行ってください。

手順 A: 最大許容パルス幅

最大許容パルス幅は次の手順で決定できます。

1. パルスのピーク電流を測定します。
2. プローブのレンジ設定における電流時間積(またはアンペア・マイクロ秒)の仕様値を、測定されたパルスのピーク電流で割ります。商の値が、最大許容パルス幅 (PW_{max}) になります。

$$\frac{A \cdot \mu s}{I_P} = PW_{max}$$

たとえば、TCP312 型電流プローブの 10 A/V のレンジ設定における最大電流時間積は 500 Arms です。TCP312 型で測定したパルスのピーク電流が 40 A であるとする、最大許容パルス幅は、500 Arms を 40 A で割った値、12.5 μs になります。

3. 測定された信号の 50% ポイントにおけるパルス幅が、計算した最大許容パルス幅 (PW_{max}) より小さいことを確認します。

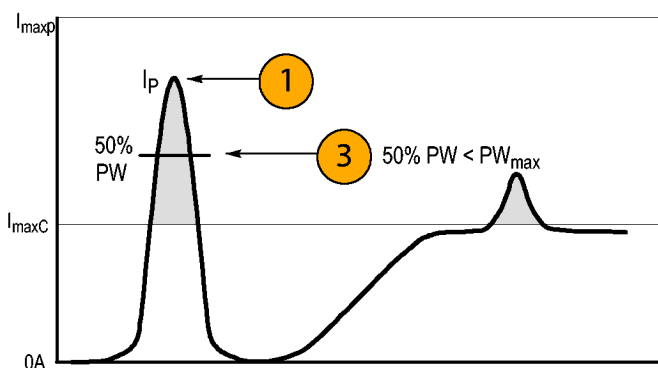


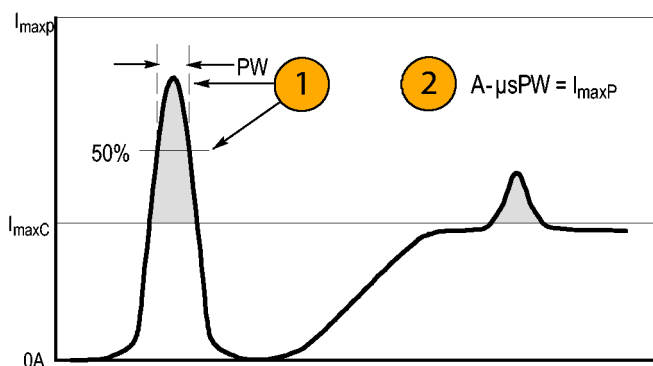
図 13: 電流時間積(アンペア×秒)ルール適用

手順 B: 最大許容パルス振幅

最大許容パルス振幅は次の手順で決定できます。

1. 50% ポイントにおけるパルス幅を測定します。
2. プローブのレンジ設定における電流時間積 (アンペア×秒、あるいはアンペア×マイクロ秒) の仕様値を、パルス幅で割ります。商の値が、最大許容パルス振幅です。測定パルスのピーク振幅は、この値より小さくなくてはなりません。

たとえば、TCP312 型電流プローブの 10 A/V のレンジ設定における最大電流時間積は 500 Arms です。TCP312 型プローブで測定されたパルスが $15 \mu\text{s}$ の幅を持つ場合、最大許容ピーク電流は 500 Arms を $15 \mu\text{s}$ で割って、33.3 A になります。



TCP404XL 型プローブを使用した非連続電流の測定

TCP404XL 型プローブを使用して非連続電流を測定する場合は、正確な測定を行い、かつ熱のオーバー・ロード回路が働かないようにするために、いくつかの要素を考慮する必要があります。連続電流および非連続電流の振幅とデューティ・サイクル、周囲温度のすべてが測定の最大許容時間に影響し、それによってプローブの安全な動作範囲が決まります。

非連続電流の時間（測定時間とする）と測定間隔がわかれば、連続電流および非連続電流のデューティ・サイクルを計算できます。図は連続電流と非連続電流、およびデューティ・サイクルの計算方法を示しています。（図 14 参照）。

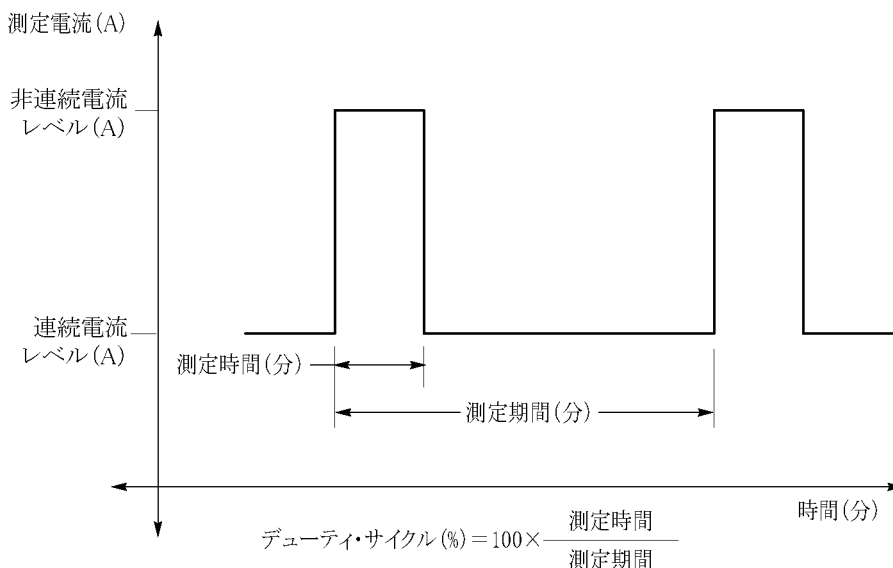


図 14: デューティ・サイクルの計算

測定する非連続電流のデューティ・サイクルを計算したら、他の要素（連続電流と非連続電流の振幅など）を使用して、測定結果を参照図と比較することができます。（58 ページの 図 34 参照）。（59 ページの 図 36 参照）。

3 つのグラフを見ると、測定時間に対するデューティ・サイクルの影響を理解することができます。（58 ページの 図 34 参照）。（59 ページの 図 36 参照）。x 軸でデューティ・サイクルが増加すると、y 軸の（非連続電流の）測定時間が減ります。

デューティ・サイクルおよび連続電流のレベルを変化しながら、750 A および 600 A の 2 つの非連続電流の振幅を測定した結果が示されています。（58 ページの 図 34 参照）。（58 ページの 図 35 参照）。これら 2 例の周囲温度は 50 °C に保たれています。



警告： 火傷の危険があるので、プローブを回路から離れた後はプローブが冷めるまでプローブ・ヘッドに触れないでください。電流の上限と最高周囲温度の付近でプローブを長時間使用すると、プローブ・ヘッドの表面は触れないほど熱くなります。

非連続電流振幅による測定時間への影響を確認するには、2 つのグラフで 200 A 連続電流の測定曲線を参照してください。(58 ページの 図 34 参照)。(58 ページの 図 35 参照)。20% のデューティ・サイクルで許容される最大測定時間を比較します。750 A では安全な測定時間は 3 分であり、それより小さい 600 A の非連続電流振幅では 17 分となります。

3 つのグラフを参照すると、同じ振幅とデューティ・サイクルを持つ非連続電流を測定した場合、連続電流振幅が増大すると測定時間が減少することも確認できます。

最後に、2 つのグラフを比較します。(58 ページの 図 34 参照)。(59 ページの 図 36 参照)。ここでは、測定時間に対する周囲温度の影響が示されています。200 A の連続電流と 750 A の非連続電流で 20% のデューティ・サイクルの場合、27 °C の温度上昇により最大測定時間が 12 分減少します。

正確に測定し、かつ火傷と測定器の損傷を防ぐために、測定の際はこれらの要素を考慮に入れてください。

電流レンジの拡大

測定で、接続したプローブの最大電流定格を超えてしまう場合があります。このセクションでは、規定限度内で AC 電流と DC 電流のレンジを拡大する方法について説明します。



警告： 感電や火災による人体や生命への危険を回避するために、TCPA300 型および TCPA400 型または装着可能なすべてのアクセサリについて、指定された電氣的制限を超えないようにしてください。複数の導体を使用する場合は、どの導体でも電流の制限値を超えないようにしてください。

DC レンジの拡大

非常に大きな定常 DC 成分（電源など）に重畳された低振幅の AC 成分を測定する場合、またはプローブの DC 電流レンジを拡大したい場合は、もう 1 本の導体を使用してオフセット（バックキング）電流を追加します。



警告： 感電や火災による人体や生命への危険を回避するため、プローブの開口部に複数の非絶縁導体を挿入しないでください。非絶縁導体とは、絶縁されていないか、被測定導体の電圧に見合う絶縁が行われていない導体を指します。

バックキング電流を供給するには、図を参照しながら次の手順を行ってください。（図 15 参照）。

1. 被測定導体に加え、既知の DC 成分を持つもう 1 本の導体を、プローブの開口部に通します。
2. 追加する導体は、バックキング電流が被測定導体の DC と逆向きに流れるようにします。
3. 測定値を求めるには、表示される測定値にバックキング電流値を加えます。

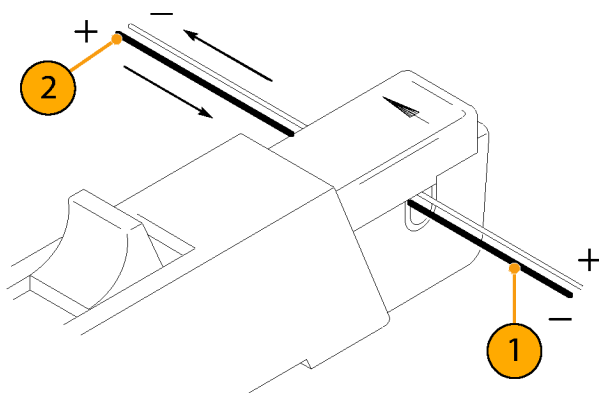


図 15: 2 本目の導体の追加

注：プローブに導体を追加すると、挿入インピーダンスが増加し、プローブの上限帯域幅が低下します。

図に示すように、追加した導体をプローブの周囲に数回巻くことにより、バックキ
ング電流値を増やすことができます。(図 16 参照)。

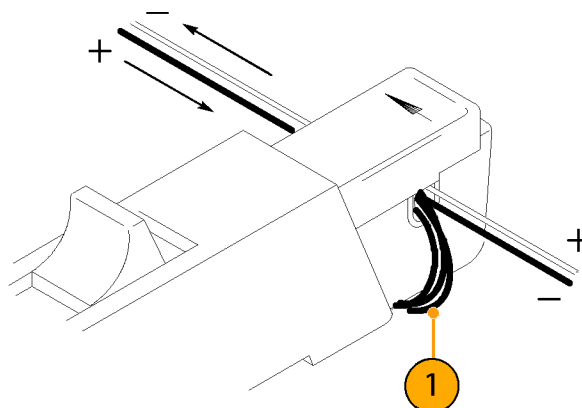


図 16: 数回巻き付ける

バックキ
ング電流は、追加した導体を流れる電流とプローブに巻き付けた回数を掛けた値となります。たとえば、100 mA DC の電流の追加導体をプローブに 5 回巻き付けた場合、DC バックキ
ング電流は 100 mA に 5 を乗算した 500 mA DC になります。

測定値を求めるには、表示される測定値にバックキ
ング電流値を加えます。

注：プローブの周囲に数回巻くと、挿入インピーダンスが増加し、プローブの上限帯域幅が低下します。

AC レンジの拡大

当社の CT4 型大電流トランスを使用して、TCPA300 型の AC 振幅の制限値を拡大することができます。TCP305/TCP312 型電流プローブに対応の CT4 型を使用すると、電流プローブのレンジを 20:1 または 1000:1 の比率で拡大できます。CT4 型は、外部から定常 DC バックキ
ング電流を 300 A まで供給できます。CT4 型の詳細については、当社販売担当にお問い合わせください。

CT4 型の AC 帯域幅は TCP305 型および TCP312 型電流プローブよりも低い
ため、CT4 型の使用時には増幅器のカップリングを DC に設定します。

感度の向上

非常に小さな DC 信号や小振幅の低周波 AC 信号を測定する場合は、図のようにプローブ周辺に被測定導体を数回巻くことにより、電流プローブの測定感度を拡大することができます。信号の電流値は、プローブに巻き付けた回数倍になります。



警告： 人体や生命への危険を回避するため、プローブの開口部に同時に複数の非絶縁導体を挿入しないでください。非絶縁導体とは、絶縁されていないか、被測定導体の電圧に見合う絶縁が行われていない導体を指します。

オシロスコープ画面に表示される信号を読み取るときは、表示された振幅値を巻き回数で割ることによって実際の電流値を得ます。たとえば、導体をプローブに 5 回巻き付け、オシロスコープが 5 mA DC の読み値を示した場合、実際の電流は 5 mA を 5 で割った 1 mA DC です。

注： プローブの周囲に数回巻くと、挿入インピーダンスが増加し、プローブの上限帯域幅が低下します。

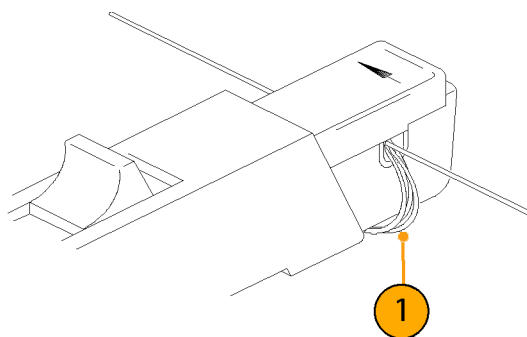


図 17: プローブ感度の向上

アプリケーション・ノート

このセクションでは、TCPA300 型および TCPA400 型電流プローブ増幅器の一般的な応用測定について説明します。

- 自動車の充電システム
- インダクタンス測定
- 多導体ケーブルの導通検査
- インダクタの巻数の測定
- 電力測定および解析ソフトウェア・アプリケーション

自動車の充電システム

ほとんどの自動車の充電システムは、ダイオード整流回路を持つ三相交流オルタネータから成ります。メーターでは三相の電流がすべて平均化されるため、特定の相におけるダイオードの問題は検出できません。充電電流の波形を調べれば、1 つのダイオードがショートしているか断線しているかがすぐにわかります。(34 ページの 図 19 参照)。

TCP303 型電流プローブが、この大電流、低電圧アプリケーションに採用されました。TCP303 型を消磁して、オルタネータからバッテリーのプラス極へのリードをクランプします。(図 18 参照)。プローブの矢印は、通常の電流に合わせて回路のオルタネータ側からバッテリー側への向きにします。自動車を始動してライトを点灯すると、回路に大きな負荷がかかります。

表 4: 自動車の充電システム検査のセットアップ

機器	コントロール	設定
TCPA300 型	COUPLING	DC
	RANGE	50 A/V
オシロスコープ	カップリング	DC
	Amps/Div (TEKPROBE インタフェース・ケーブル を使用しない場合は V/Div)	10 A/Div (200 mV/Div)
	ゼロ電流基準	中央目盛ライン
	時間軸	200 ms/div

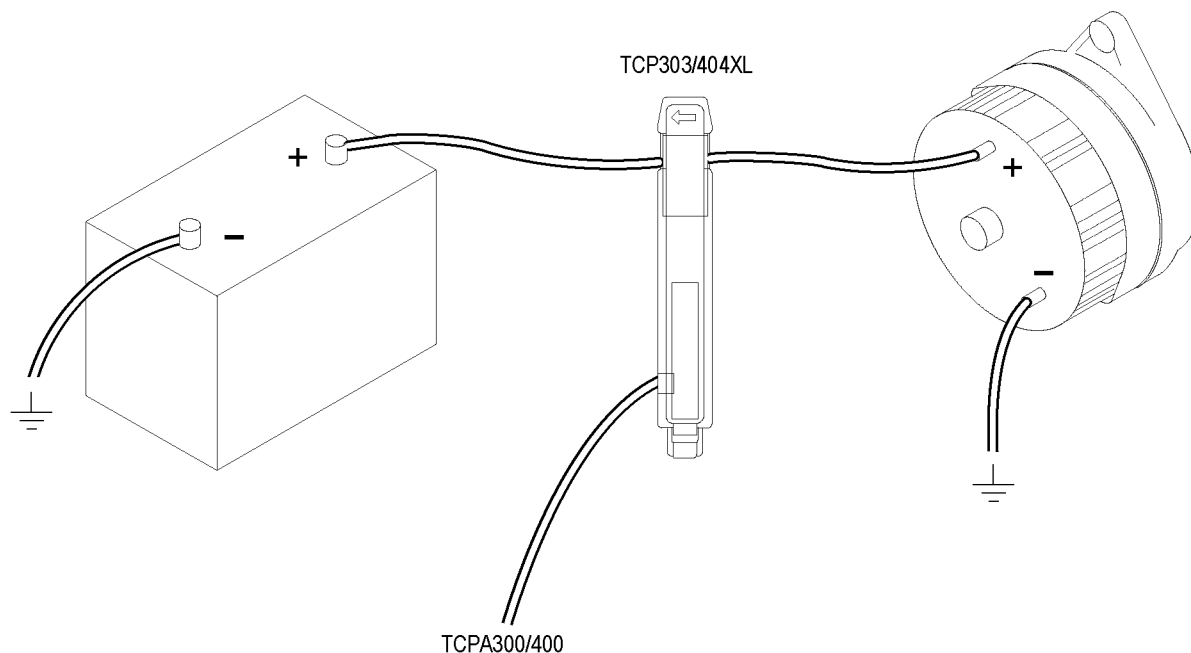


図 18: 充電電流測定のセットアップ

(a) の波形は、三相リップル周波数を表しています。(図 19 参照)。平均充電電流は約 27 A で、最小ピークは約 23 A、最大ピークは約 31 A です。この波形は、落ち込みのない連続したサイクルを示しているため、オルタネータ回路は正しく機能していると考えられます。1 つの相のダイオードに障害があると、波形(b)に示すように、通常 3 サイクルごとに充電電流の極端な低下として現れます。(図 19 参照)。

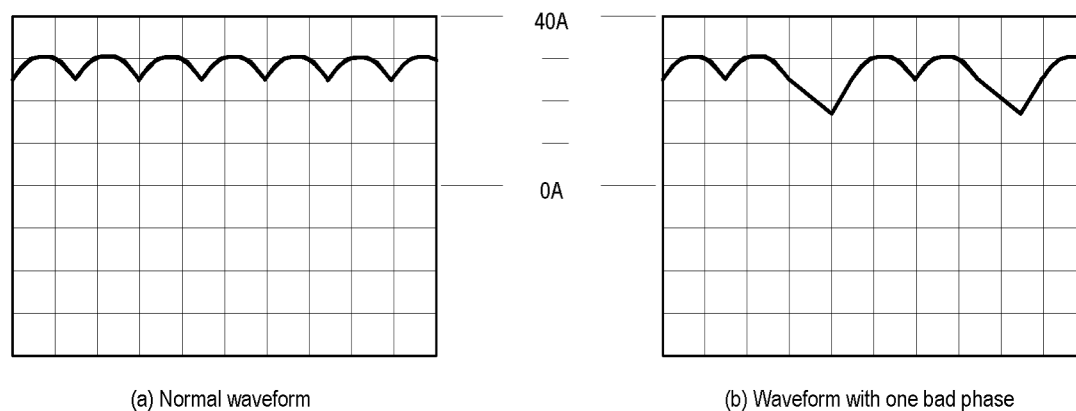


図 19: 充電電流の波形

インダクタンス測定

TCPA300 型および TCPA400 型を使用して、コイルのインダクタンスを測定できます。これには 2 つの方法があります。1 つは既知の値を持つ低インピーダンスのパルス源、もう 1 つは高インピーダンスのパルス源に対して使用します。

低インピーダンスのパルス源

この図は、出力インピーダンスの非常に低い定電圧パルス・ジェネレータに低抵抗値のインダクタを接続した場合を示しています。(図 20 参照)。

1. インダクタを、パルス・ジェネレータの出力端子の両端に接続します。
2. インダクタの両端の電圧を一定に保ちます。
3. 信号源のリードの片方に電流プローブをクランプします。

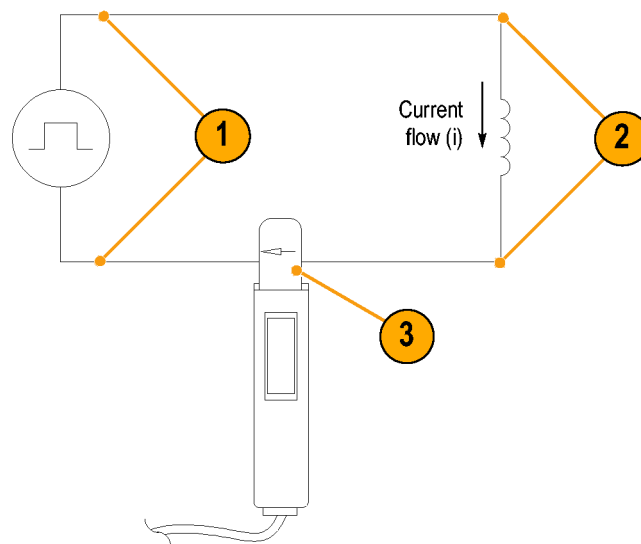


図 20: 低インピーダンス源を使ったインダクタンスの測定

注: プローブのインピーダンスが回路全体のインダクタンスのかかなりの部分を占める場合は、測定確度に影響します。プローブの挿入インピーダンスについては、プローブの仕様を参照してください。

4. 電流ランプを測定します。インダクタンスは、事実上ここに示す電流ランプのスロープによって定義されます。

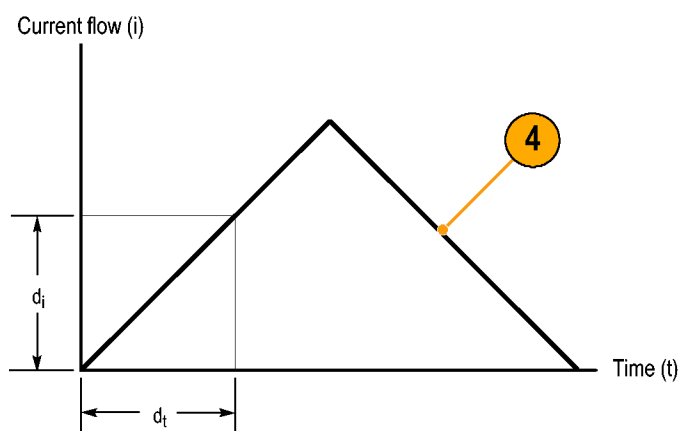


図 21: 時間に対するリニアな電流ランプ

5. 次の公式を使用して、インダクタンスを計算します。

$$L = \frac{-E}{\frac{di}{dt}}$$

ここで、

L は、ヘンリー単位のインダクタンス、
 E は、パルス・ゼネレータの電圧、
 dt は、時間変化量、
 di は、電流変化量を示します。

高インピーダンスのパルス源

パルス源が既知の抵抗値を持ちインピーダンスが高い場合、電流の増加と共に出力電圧が低下し、コイルのインダクタンスは充電曲線の時定数から計算できます。電流ランプからインダクタンスの公式で使用する値を求めます。(37 ページの 図 22 参照)。

この公式を使用して、電流測定に基づいてインダクタンスを計算します。

$$L = tR$$

ここで、L は、インダクタンスをヘンリーで表した値です。t は、総電流値の 63.2% まで電流が増加または低下するために必要な時間です。R は、パルス発生器の信号源の抵抗です。

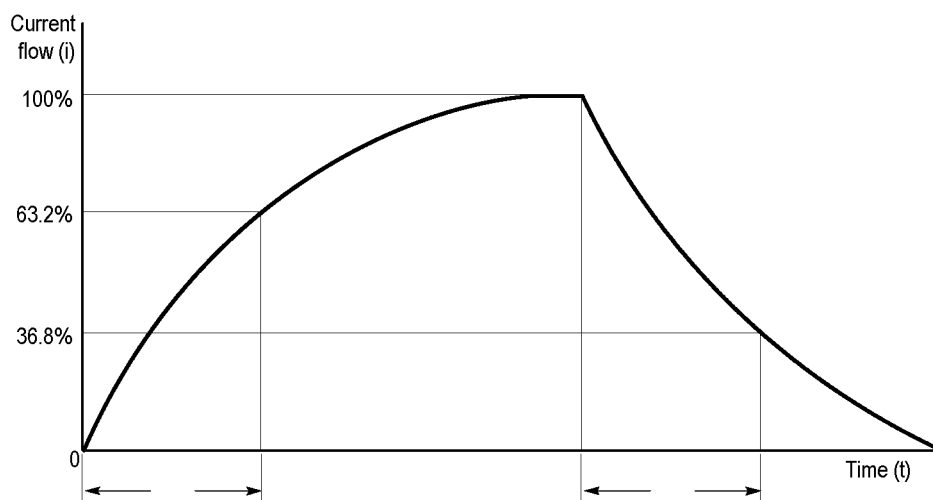


図 22: 高インピーダンス源における電流ランプ

多導体ケーブルの導通検査

TCPA300 型および TCPA400 型を使用して、多導体ケーブル内の個々の導体を検査できます。1 本の導体を調べるには、ケーブルの束を電流プローブでクランプし、特定の既知の電流信号を見ます。電流がゼロの場合や電流値が異常に低い場合は、導体の導通状態に問題があります。電流が異常に大きい場合は、導体がアースにショートしている可能性があります。

インダクタの巻数の測定

インダクタのおよその巻数を求めるには、次の手順を実行します。(図 23 参照)。

1. 図のように、インダクタを電流制限したソースに接続します。
2. インダクタ・リードの片方で入力電流を測定します。
3. インダクタに電流プローブをクランプし、電流値を記録します。

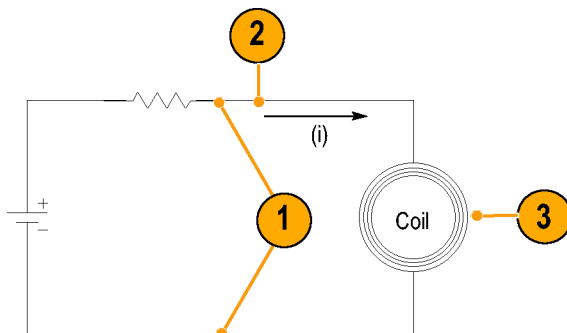


図 23: コイルの巻数の測定

巻数は、コイル電流と入力電流の比率に等しくなります。この方法の確度は、電流の測定確度に制約されます。次の方法では、より正確な巻数を測定できます。

より正確な巻数を測定するには、巻数がわかっているコイルを基準として使用する必要があります。

1. 上で説明したステップ 1 および 2 を繰り返し、次の変更を行います。
2. 基準のコイルを電流プローブに挿入します。
3. 図のように、テスト・コイルと基準コイルの電流の方向が逆になるように、テスト・コイルを電流プローブに挿入します。(図 24 参照)。

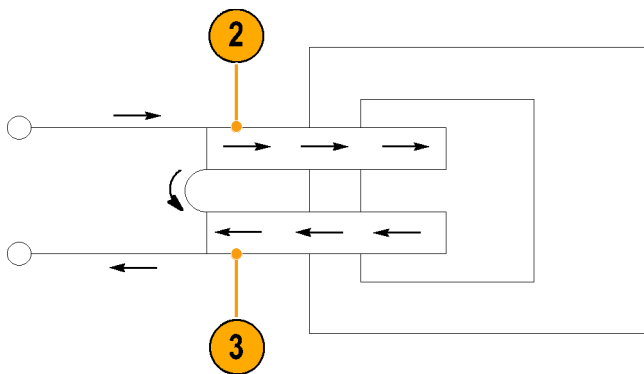


図 24: 基準コイルを使った巻数測定

テスト・コイルの巻数が基準コイルよりも多いか少ないかは、コイル電流の極性で判定します。巻数は、次の公式を使用して計算します。

$$N_2 = N_1 \times \frac{I_m}{I_1}$$

ここで、 N_2 はテスト・コイルの巻数で、 N_1 は基準コイルの巻数です。 I_m は測定したコイル電流で、 I_1 は入力電流です。

電力測定および解析ソフトウェア

当社オシロスコープで利用できる電力測定ソフトウェアを使用することで、ご使用の電流測定システムを高度な解析ツールにすることができます。素早い測定および解析が可能な次のような応用が挙げられます。

- スイッチング電源内のスイッチング・デバイスと磁気素子の電力損失
- EN61000-3-2 標準の事前適合検査
- 電源品質
- 変調解析

測定後、ソフトウェアはカスタマイズ可能な形式で詳細な測定レポートを生成します。このソフトウェアを当社の TDS5000 シリーズまたは TDS7054 型/TDS7104 型デジタル・フォスファ・オシロスコープ、および差動電圧／電流プローブと共に使用すると、電源の設計や検査に最適な測定システムになります。

トラブルシューティングとエラー・コード

TCPA300 型と TCPA400 型を使用して電流を測定するときに発生する可能性のある問題を、以下の表にまとめました。(表 5 参照)。トラブルシューティングのクイック・リファレンスとしてご利用ください。

表 5: トラブルシューティング

問題	対策
増幅器の電源が入らない	増幅器が適切な AC コンセントに差し込まれていることを確認します。 増幅器の不良。資格のあるサービス担当者に修理が必要かどうかをお問い合わせください。不良なモジュールを判別するために、サービス・マニュアルのトラブルシューティングのセクションを参照してください。
フロント・パネル左下のインジケータがエラー・ステータスを表示している	エラー・ステータスを確認し、問題を回復します。エラー・ステータスはフロント・パネルに表示されています。たとえば、PROBE OPEN インジケータが点灯している場合は、プローブの開口部を閉めてロックしてください。
AC COUPLING と DC COUPLING のインジケータが交互に点滅する	エラー・ステータス・インジケータがエラー・コードを表示しています。エラー・コードの説明を参照してください。(45 ページの 表 6 参照)。エラー・コードを確認し、機器の電源を一度オフにしてからもう一度オンにします。エラーが解消しない場合は、資格のあるサービス担当者に修理が必要かどうかをお問い合わせください。 RANGE と DEGAUSS のインジケータがともにオフで、COUPLING のインジケータの 1 つが点灯している場合は、増幅器がプローブを認識していません。プローブを接続し直してください。 すべてのインジケータが点滅している状態は、熱によるシャットダウンを示します。電源をオフにしてからもう一度オンにし、15 分間冷却してから測定を再開してください。通常は 15 分間の冷却で十分です。
すべてのインジケータが点滅する	すべてのインジケータが点滅している状態は、熱によるシャットダウンを示します。電源をオフにしてからもう一度オンにし、冷却してから測定を再開してください。通常は 15 分間の冷却で十分です。
プローブを回路から取り外した後に、OVERLOAD インジケータが赤く点灯し続ける	プローブのトランスまたは増幅器のメイン基板が不良です。
OVERLOAD インジケータがオレンジ色に点灯し続ける	プローブを消磁します。OVERLOAD インジケータがオレンジ色に点灯し続ける場合は、プローブを回路から取り外し、15 分間冷却してからもう一度消磁してください。この処置の後でもオレンジ色のままである場合は、プローブのトランスまたはプローブのホール素子が不良である可能性があります。別のプローブを増幅器に接続するか、問題のプローブを別の増幅器に接続します。
プローブの消磁が失敗し、インジケータが異常なパターンで点灯する	増幅器がエラー・コードを表示しているか、校正する必要があるか、不良です。(45 ページの 表 6 参照)。別の増幅器が使用できる場合は、プローブを別の増幅器で消磁することにより原因を切り分けます。 プローブの回路基板上の素子不良(調整、ワイヤなどの不良)。プローブを分解してコンポーネントを修理または交換するか、資格のあるサービス担当者に機器の修理が必要かどうかをお問い合わせください。

表 5: トラブルシューティング（続き）

問題	対策
プローブを消磁できない	電流プローブがロックされていません。電流プローブをロックしてください。 電流プローブが増幅器の入力コネクタに正しく接続されていません。 増幅器の出力が 50 Ω の負荷に終端されていません。オシロスコープの入力インピーダンスを 50 Ω に設定するか、オシロスコープの入力側に 50 Ω の通過型ターミネーションを接続します。通過型ターミネーションは、増幅器の出力側に接続しないでください。 電流プローブが不良か、増幅器のタイプに対応していません。
消磁に必要な時間が 10 秒を超える	プローブが通電している回路に接続されています。プローブを回路から取り外し、再度実行します。 プローブの不良—プローブのトランス（過剰なノイズやドリフトによるホール素子の不良）が原因の可能性があります。プローブのケーブル・アセンブリ内で配線のショートや断線が起きている可能性もあります。 メイン基板の不良—プローブが原因でない場合は、増幅器内のメイン基板が不良の可能性があります。
電流測定ができない—増幅器から測定結果が得られない	電流プローブがロックされていません。電流プローブをロックしてください。 電流プローブが増幅器の入力コネクタに正しく接続されていません。 増幅器の COUPLING が AC に設定されています。COUPLING を DC に設定してください。 システムの消磁／オートバランスが正常に終了していません。プローブを消磁します。 オシロスコープ／増幅器が適切な感度に設定されていません。 インタフェース・ケーブル（オシロスコープと増幅器の間）の不良。
MANUAL BALANCE で調整できない	オシロスコープまたは増幅器の入力カップリングが DC に設定されていません。MANUAL BALANCE ボタンは、増幅器が DC カップリング・モードの場合にのみ機能します。 オシロスコープ／増幅器が適切な感度に設定されていません。
残留 DC 成分が測定される	PROBE DEGAUSS AUTOBALANCE ボタンを使用してプローブを消磁します。（電流プローブがオーバー・ロードか、もしくは落とした場合、または磁界の影響がある場合）。 Probe Degauss Autobalance ルーチンを実行した後に、MANUAL BALANCE ボタンを使用して DC 残留オフセットをゼロにできます。

表 5: トラブルシューティング（続き）

問題	対策
測定が不正確	プローブを消磁します。 増幅器の出力が 50 Ω の負荷に終端されていません。オシロスコープの入力インピーダンスを50 Ω に設定するか、オシロスコープの入力側に50 Ω のフィードスルー・ターミネーションを接続します。ターミネーションを増幅器の出力に接続しないでください。 測定値が電流プローブの最大連続電流定格または電流時間積定格を超えています。可能な場合は、より高い電流定格を持つプローブに交換するか、CT4 型トランスを使用します。 増幅器または電流プローブを校正する必要があります。（性能検査の手順に関しては、サービス・マニュアルを参照してください。） 開口部機構の汚れ・プローブを分解して掃除し、注油してください。プローブの分解手順を参照してください。（サービス・マニュアル参照。） 電流プローブのトランスが不良です。
測定が高周波域でロールオフする	オシロスコープの帯域制限がオンになっています。オシロスコープの帯域制限スイッチが適切な位置に設定されていることを確認します。 （使用するプローブの周波数制限を超えないように注意してください。周波数がプローブの設計を超えると、過熱してプローブを損傷する原因になります。）
測定時に過剰なノイズが発生する	電流プローブがロックされていません。電流プローブをロックしてください。 電流プローブが増幅器の入力に正しく接続されていません。 増幅器の出力が 50 Ω の負荷に終端されていません。オシロスコープの入力インピーダンスを 50 Ω に設定するか、オシロスコープの入力側に 50 Ω の通過型ターミネーションを接続します。通過型ターミネーションは、増幅器の出力側に接続しないでください。 電流プローブのトランスが不良です。
測定値のアベレージョンが仕様のリミットを越えている	増幅器の出力が 50 Ω の負荷に終端されていません。オシロスコープの入力インピーダンスを50 Ω に設定するか、オシロスコープの入力側に50 Ω のフィードスルー・ターミネーションを接続します。ターミネーションを増幅器の出力に接続しないでください。 測定値が電流プローブの最大連続電流定格または電流時間積定格を超えています。（25 ページ「最大電流限界値」参照）。（電流制限の説明があります）。可能な場合は、より高い電流定格を持つプローブに交換するか、CT4 型トランスを使用します。
パルス応答における周波数のドロップが低すぎる、または DC のゲイン確度が低い	プローブ・スライダが完全に閉じてロックされていることを確認します。 プローブのトランスとふたを確認して掃除します。 プローブを消磁します。 増幅器またはオシロスコープが AC カップリングされている可能性があります。COUPLING を DC に設定してください。

表 5: トラブルシューティング（続き）

問題	対策
測定時に極度な遅延があったりパルス応答が遅かったりする	増幅器の出力が $50\ \Omega$ の負荷に終端されていません。オシロスコープの入力インピーダンスを $50\ \Omega$ に設定するか、オシロスコープの入力側に $50\ \Omega$ のフィードスルー・ターミネーションを接続します。ターミネーションを増幅器の出力に接続しないでください。 測定値が電流プローブの電流時間積を超えています。可能な場合は、より高い電流定格を持つプローブに交換するか、CT4 型トランスを使用します。 オシロスコープの帯域制限がオンになっています。オシロスコープの帯域制限スイッチが適切な位置に設定されていることを確認します。
プローブの開口部をスムーズに開閉できない	開口部機構の汚れ—プローブを分解して掃除し、注油してください。プローブの分解手順を参照してください。（サービス・マニュアル参照。）

Probe Degauss Autobalance ボタンによるエラー・コードの表示

このセクションでは、増幅器の機能インジケータ LED が示すエラー・コードについて説明します。

増幅器内部でエラーが発生すると、エラー・コードが生成されます。このエラー・コードを表示するには、次の手順に従います。(図 25 参照)。

1. 増幅器の PROBE DEGAUSS AUTOBALANCE ボタンを押します。
2. AC カップリングと DC カップリングのインジケータが交互に点滅している場合は、現在の状態が正常ではなく、エラー・コードが表示されていることを表します。
3. ON/STANDBY スイッチの上の 4 つの障害インジケータが、4 ビットのバイナリ・エラー・コードを表します。(45 ページの 図 26 参照)。エラー・コードは表に定義されています。(45 ページの 表 6 参照)。

PROBE OPEN インジケータは最上位ビット (MSB) を示し、NONCOMPATIBLE PROBE TYPE インジケータは最下位ビット (LSB) を表します。

4. エラー・コードを無視して続行するには、ON/STANDBY 以外の任意のボタンを押します。ただし、内部エラーを修正して消磁操作を再度実行するまで、消磁は失敗します。

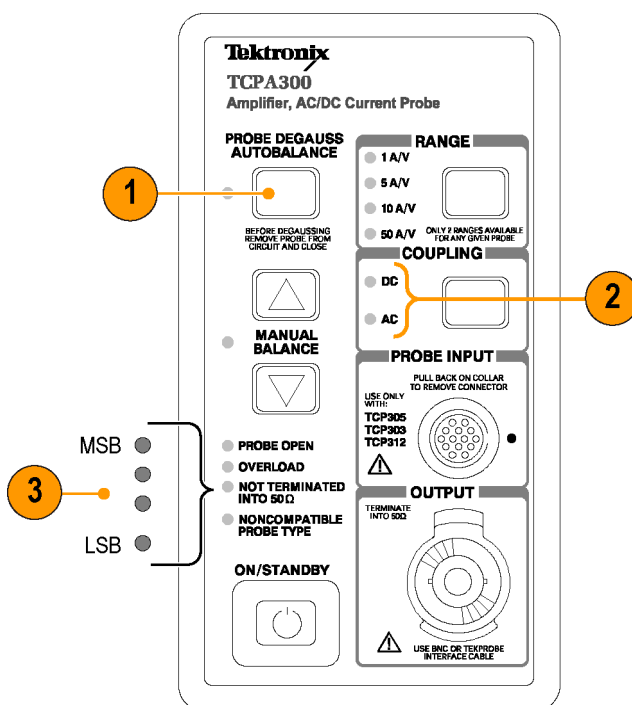


図 25: エラー・コードの表示

たとえば、PROBE DEGAUSS AUTOBALANCE ボタンを押した後、AC と DC のカップリング・インジケータが点滅している場合は、エラー・コードが表示されています。

1. この例では、NOT TERMINATED INTO 50 Ω インジケータが点灯しています。
2. この 4 ビットのバイナリ・コード (0010) は、エラー・コード 2、DC オフセットでのヌル・エラーが発生、を意味しています。(図 26 参照)。

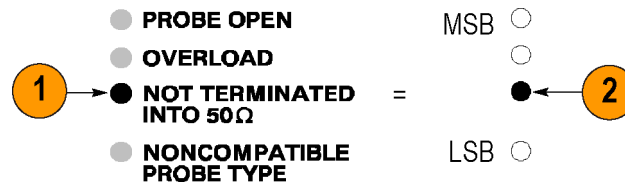


図 26: エラー・コード表示の意味

増幅器のエラー・コード一覧を表に示します。(表 6 参照)。

表 6: 増幅器のエラー・コード

コード	エラーの説明	対策
1	増幅器はプローブを検出したが、有効なホール素子が検出されなかった。	増幅器からプローブを取り外し、接続し直します。増幅器の電源を入れ直します。プローブのトランスを調べます(ホール素子の不良)。これでエラーが解決しない場合は、増幅器の保守サービスを受ける必要があります。プローブのケーブル・アセンブリ内で配線のショートや断線が起きている可能性もあります。
2 3	増幅器の内部 DC オフセットをゼロにするとときにエラーが発生した。	増幅器の電源スイッチをオフにし、もう一度オンにしてから、消磁／オートバランスによる調整を再実行します。エラーが再度発生する場合は、増幅器の保守サービスが必要です。
4 5	TCPA300 型のみ増幅器が各レンジ設定の電源レベルを調整しているときにエラーが発生した。	増幅器の電源スイッチをオフにし、もう一度オンにしてから、消磁／オートバランスによる調整を再実行します。エラーが再び発生する場合は、次のステップを行います。 1) プローブを回路から取り外します。 2) プローブを調べます: プローブのトランスを通過する信号経路が断線またはショートしている場合があります。これはプローブ・トランスまたはケーブル・アセンブリの不良に起因する可能性があります。これでエラーが解決しない場合は、増幅器の保守サービスを受ける必要があります。

表 6: 増幅器のエラー・コード（続き）

コード	エラーの説明	対策
6 7	増幅器がオーバー・ロード・トリップ・ポイントを調整しているときにエラーが発生した。	増幅器の電源スイッチをオフにし、もう一度オンにしてから、消磁／オートバランスによる調整を再実行します。エラーが再度発生した場合は、プローブを回路から取り外します。これでエラーが解決しない場合は、増幅器の保守サービスを受ける必要があります。
8 9	未定義	
10 11	増幅器の内部 DC オフセットをゼロにするとときにエラーが発生した。	増幅器の電源スイッチをオフにし、もう一度オンにしてから、消磁／オートバランスによる調整を再実行します。エラーが再度発生した場合は、プローブを回路から取り外します。これでエラーが解決しない場合は、増幅器の保守サービスを受ける必要があります。
12 13 14	増幅器がプローブの DC オフセット電圧をゼロにできない。	プローブを回路から取り外します。エラー 12 の発生するケースとして第一に挙げられるのは、通電中の回路にプローブを接続した状態で消磁／オートバランスを開始した場合です。プローブのトランスを調べます（ホール素子不良）。 このエラーは、不良のホール素子がプローブのトランスで過剰なノイズやドリフトを発生する場合や、プローブのケーブル・アセンブリ内でショートや断線を起こしている場合にも発生することが考えられます。増幅器の電源スイッチをオフにし、もう一度オンにしてから、消磁／オートバランスによる調整を再実行します。これでエラーが解決しない場合は、増幅器の保守サービスを受ける必要があります。
15	未指定エラー（内部のソフトウェア・エラー）	増幅器の電源スイッチをオフにし、もう一度オンにしてから、消磁／オートバランスによる調整を再実行します。エラーが再度発生する場合は、増幅器の保守サービスが必要です。

エラー・コードの原因の修正

エラー・コードを解明したら、プローブを回路から取り外し、プローブを再度消磁します。測定を再開します。エラー・コードが解消しない場合は、当社サービス・センターにご連絡ください。

シャットダウン・エラー

すべてのインジケータが同時に点滅する場合は、シャットダウン状態が発生しています。この状態になった場合は、増幅器の電源スイッチをオフにし、被測定回路からプローブを取り外します。増幅器の電源スイッチをオフにすると、エラー・レジスタがクリアされます。

シャットダウン状態は、周波数または電流の仕様を超えた場合に発生する可能性があります。仕様を超えていないことを確認し、プローブと増幅器を冷却してから再度使用します。通常は 15 分間の冷却で十分です。測定結果がプローブと増幅器の仕様の範囲内である場合は、プローブを消磁して測定を再開します。シャットダウン・エラーが解消しない場合は、当社サービス・センターにご連絡ください。

仕様

これらの仕様は、次の条件でのみ有効です。

- プロブおよび増幅器が周囲温度 23 °C ± 5 °C で校正済みである。
- プロブおよび増幅器は 4 ～ 5 ページの表 4-6 に記述されている環境制限内で動作します (動作温度の制限は、特にことわりのない限り 0 °C ～ +50 °C です。)
- プロブと増幅器は 20 分以上のウォーム・アップ時間を経過している。
- 20 分のウォーム・アップ後プロブの消磁／オートバランスを実行し、その後 PROBE DEGAUSS/AUTOBALANCE インジケータが点滅した後は、プロブの消磁／オートバランスを実行している。
- 増幅器の出力は 50 Ω で正しく終端されている。

仕様には、保証仕様と公称または代表特性の 2 種類があります。

保証仕様

保証仕様 (表 4-1) は、特に代表または公称として指定されていない限り、保証された性能仕様です。

表 7: TCPA300 型と TCPA400 型の保証仕様

増幅器	TCPA300 型			TCPA400 型
DC ゲイン確度	≤1%			≤1%
設置プロブ	TCP312 型	TCP305 型	TCP303 型	TCP404XL 型
帯域 (-3 dB)	DC ～ 100 MHz	DC ～ 50 MHz	DC ～ 15 MHz	DC ～ 2 MHz
立上り時間、10 ～ 90%	≤3.5 ns	≤7 ns	≤23 ns	≤175 ns
DC ゲイン確度:				
保証	≤3%	≤3%	≤3% ¹	≤3%
代表値 ²	≤1%	≤1%	≤1%	≤1%

¹ 10 °C ～ 50 °C の範囲で保証。0 °C ～ <10 °C の範囲での仕様は +3%/-6%。

² 23 °C ± 5 °C

公称および代表特性

表 4-2 に示す公称および代表特性は保証されるものではありません。公称および代表特性は、プローブ／増幅器の代表的な組み合わせにおける構成、性能、または動作の特性を示すものです。

表 8: 増幅器の公称および代表特性

パラメータ	設置プローブ			
	TCP312 型	TCP305 型	TCP303 型	TCP404XL 型
レンジ、公称	1 A/V、 10 A/V	5 A/V、 10 A/V	5 A/V、 50 A/V	1 A/mV
最大電流時間積 - 周波数ディレーティング参照 (54 ページ「性能グラフ」参照)。	1 A/V - 50 A・ μ s 10 A/V - 500 A・ μ s	5 A/V - 500 A・ μ s 10 A/V - NA	5 A/V - 3,000 A・ μ s 50 A/V - 15,000 A・ms	NA
入力カップリング、公称	AC、DC	AC、DC	AC、DC	AC、DC
AC カップリングの低周波帯域、(ローパス -3 dB ポイント)、代表	<7 Hz	<7 Hz	<7 Hz	<7 Hz
表示ノイズ、代表	≤ 75 mA _{RMS} 測定帯域を 20 MHz に制限。	≤ 500 mA _{RMS} 測定帯域を 20 MHz に制限。	≤ 500 mA _{RMS} 測定帯域を 20 MHz に制限。	≤ 70 mA _{RMS} 測定帯域を 20 MHz に制限。
信号遅延、代表 ¹	約 17 ns	約 19 ns	約 53 ns	約 103 ns
最大裸線電圧	絶縁ワイヤのみに使用	絶縁ワイヤのみに使用	600 V RMS CAT I & II 300 VRMS CAT III	600 V RMS CAT I & II 300 VRMS CAT III
最小測定可能電流	1 mA	5 mA	5 mA	1 A
挿入インピーダンス - プロット図(図 32 参照)。	1 MHz: 0.08 Ω	1 MHz: 0.035 Ω	1 MHz: 0.01 Ω	10 kHz: 0.1 m Ω
	10 MHz: 0.15 Ω	10 MHz: 0.12 Ω	5 MHz: 0.025 Ω	100 kHz: 0.6 m Ω
	50 MHz: 0.27 Ω	50 MHz: 0.04 Ω	15 MHz: 0.1 Ω	1 MHz: 8.0 m Ω
	100 MHz: 0.7 Ω			2 MHz: 16.0 mW
電流変換率	1 V/Amp および 100 mV/Amp	200 mV/Amp および 100 mV/Amp	200 mV/Amp および 20 mV/Amp	1 mV/Amp
各感度レンジでの最大電流定格				
高電流感度レンジ	10 A/V レンジ	10 A/V レンジ	50 A/V レンジ	1 A/mV レンジ
DC (連続)	30 A	50 A	150 A	500 A
DC (非連続)	N/A	N/A	N/A	750 A
RMS (正弦波)	21 A	35 A	150 A	500 A
ピーク・パルス	50 A	50 A	500 A	750 A
低電流感度レンジ	1 A/V レンジ	5 A/V レンジ	5 A/V レンジ	N/A
DC (連続)	5 A	25 A	25 A	---

表 8: 増幅器の公称および代表特性（続き）

パラメータ	設置プローブ			
	TCP312 型	TCP305 型	TCP303 型	TCP404XL 型
DC (非連続)	N/A	N/A	N/A	---
RMS (正弦波)	3.5 A	17.7 A	17.7 A	---
ピーク・パルス	50 A	50 A	500 A	---
入力電圧	100 ~ 240 VAC (±10%)、47 ~ 440 Hz、単相			
最大電力	最大 50 ワット			
ヒューズ定格	3.15 AH、250 V (オペレータによる交換不可)			

1 プローブ、増幅器、および TEKPROBE インタフェース・ケーブルまたは 012-0117-xx BNC ケーブルを含む。

機械的特性

表 9: TCPA300 型と TCPA400 型の機械的特性

パラメータ、公称	特性
長さ	173 mm (6.8 インチ)
幅	91.4 mm (3.6 インチ)
高さ	167 mm (6.6 インチ)
質量	1.14 kg (2.5 lb)

表 10: プローブの機械的特性

	TCP305 型と TCP312 型	TCP303 型と TCP404XL 型
プローブの寸法		
長さ:	20 cm (7.77 インチ)	268 mm (10.55 インチ)
幅:	1.6 cm (0.625 インチ)	41 mm (1.60 インチ)
高さ:	3.2 cm (1.25 インチ)	68 mm (2.7 インチ)
ケーブル長	1.5 m (5 フィート)	TCP303 型: 2 m (6.6 フィート) TCP404XL 型: 8 m (26.25 フィート)
質量	0.15 kg (0.33 lb)	TCP303 型: 0.66 kg (1.45 lb) TCP404XL 型: 0.88 kg (1.90 lb)

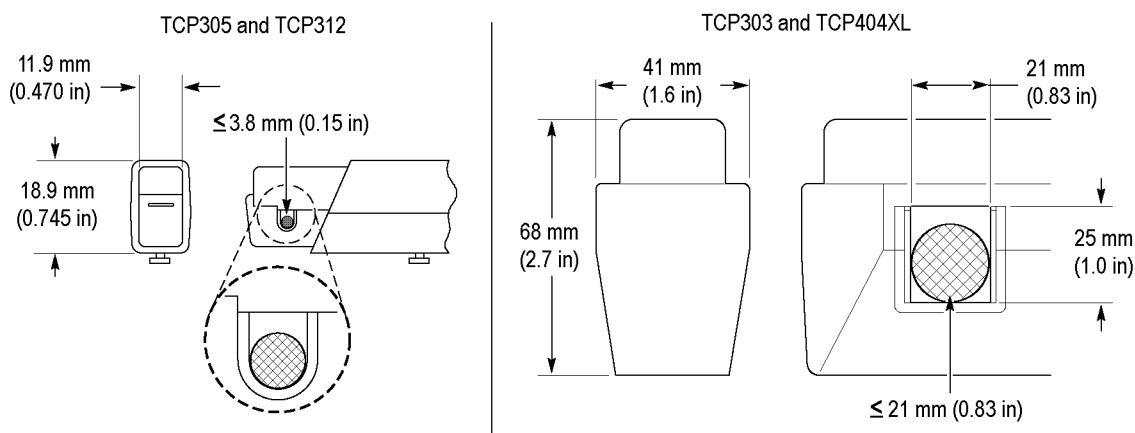


図 27: プローブ開口部の寸法 (公称)

表 11: 出荷時の質量と寸法

	TCPA300 型および TCPA400 型増幅器	TCP305 型 と TCP312 型	TCP303 型	TCP404XL 型
寸法				
長さ:	298.5 mm (11.75 インチ)	330 mm (13.00 インチ)	375 mm (14.75 インチ)	375 mm (14.75 インチ)
幅:	298.5 mm (11.75 インチ)	254 mm (10.00 インチ)	318 mm (12.50 インチ)	318 mm (12.50 インチ)
高さ:	254 mm (10.00 インチ)	108 mm (4.25 インチ)	127 mm (5.00 インチ)	127 mm (5.00 インチ)
重量	2.7 kg (6.00 lb)	0.585 kg (1.29 lb)	1.33 kg (2.93 lb)	1.55 kg (3.42 lb)

環境特性

環境特性は保証性能仕様です。(表 12 参照)。

保証特性とは異なり、環境特性は型式試験です。したがって、これらの特性テストで使用した性能検査手順は記載されていません。特にことわりのない限り、これらの特性はすべてのプローブと増幅器に適用されます。(49 ページ「保証仕様」参照)。

表 12: 環境特性

パラメータ	特性
周囲温度	
動作時	0 °C ~ +50 °C (32 °F ~ 122 °F)
非動作時	-40 °C ~ +75 °C (-40 °F ~ 167 °F)
湿度	
動作時	5 ~ 95% R.H.、+30 °C (86 °F) まで 5 ~ 85% R.H.、+30 °C ~ 50 °C (86 °F ~ 122 °F)
非動作時	5 ~ 95% R.H.、+30 °C (86 °F) まで 5 ~ 85% R.H.、+30 °C ~ 75 °C (86 °F ~ 167 °F)
高度	
動作時	2,000 m (6,800 フィート) まで
非動作時	12,192 m (40,000 フィート) まで
不規則振動、増幅器	
動作時	0.31 g _{RMS} 、5 Hz ~ 500 Hz、各軸 10 分
非動作時	2.46 g _{RMS} 、5 Hz ~ 500 Hz、各軸 10 分
不規則振動、プローブ	
動作時	2.66 g _{RMS} 、5 Hz ~ 500 Hz、各軸 10 分
非動作時	3.48 g _{RMS} 、5 Hz ~ 500 Hz、各軸 10 分
衝撃、増幅器	50 g、11 ms 周期、半周期正弦波パルス
電磁適合性	FCC パート 15、サブパート B、クラス A に適合

性能グラフ

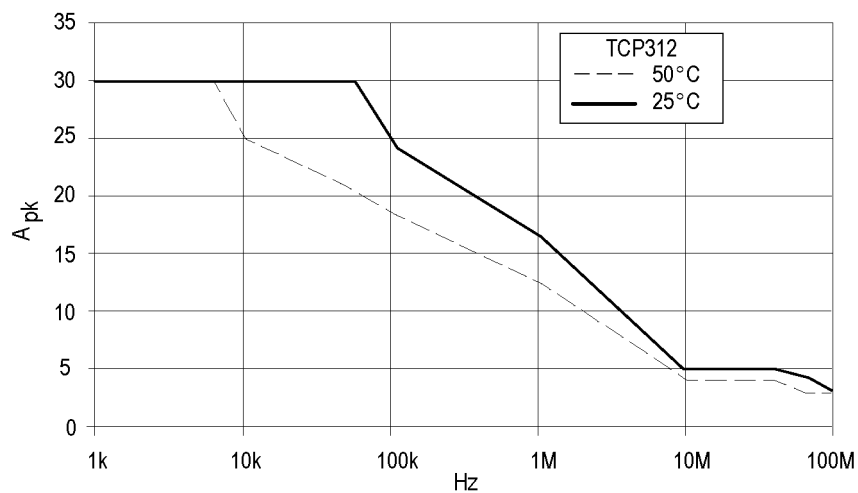


図 28: 周波数ディレーティング - TCP312 型

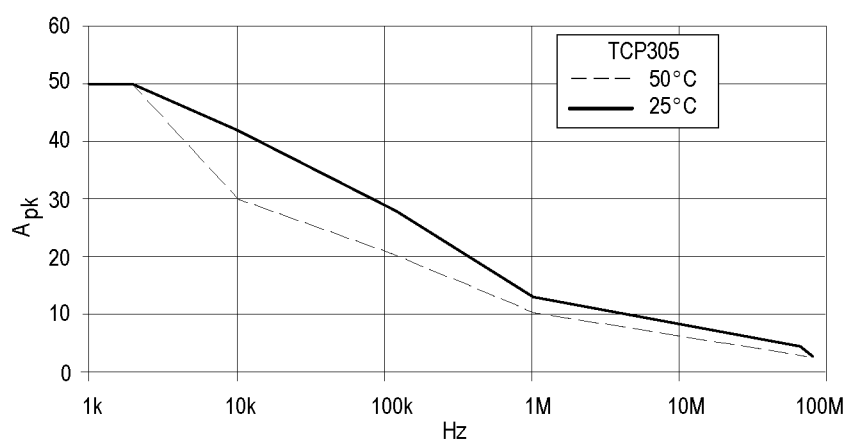


図 29: 周波数ディレーティング - TCP305 型

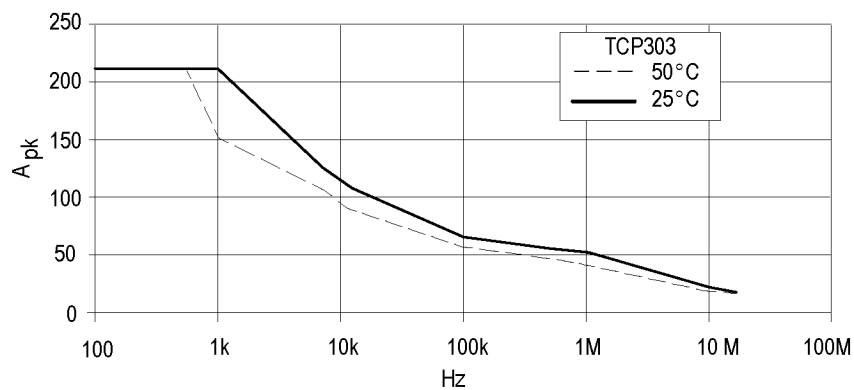


図 30: 周波数ディレーティング - TCP303 型

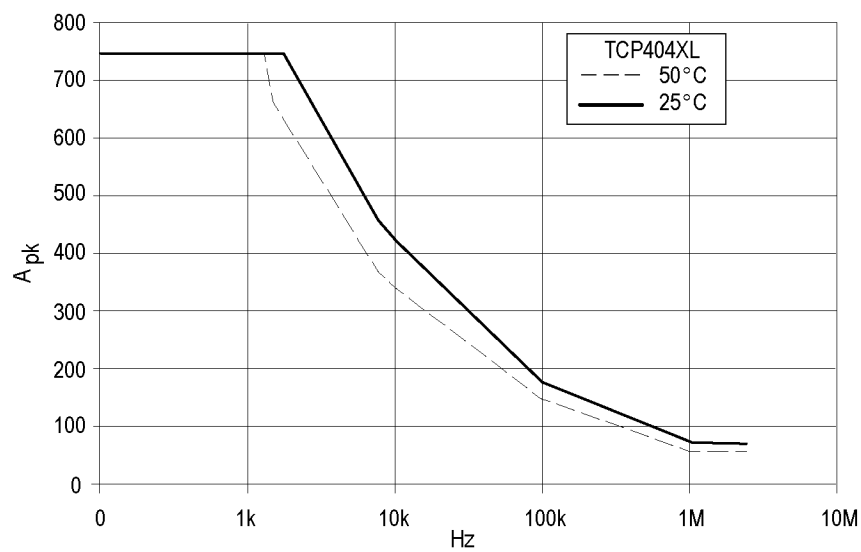


図 31: 周波数ディレーティング - TCP404XL 型

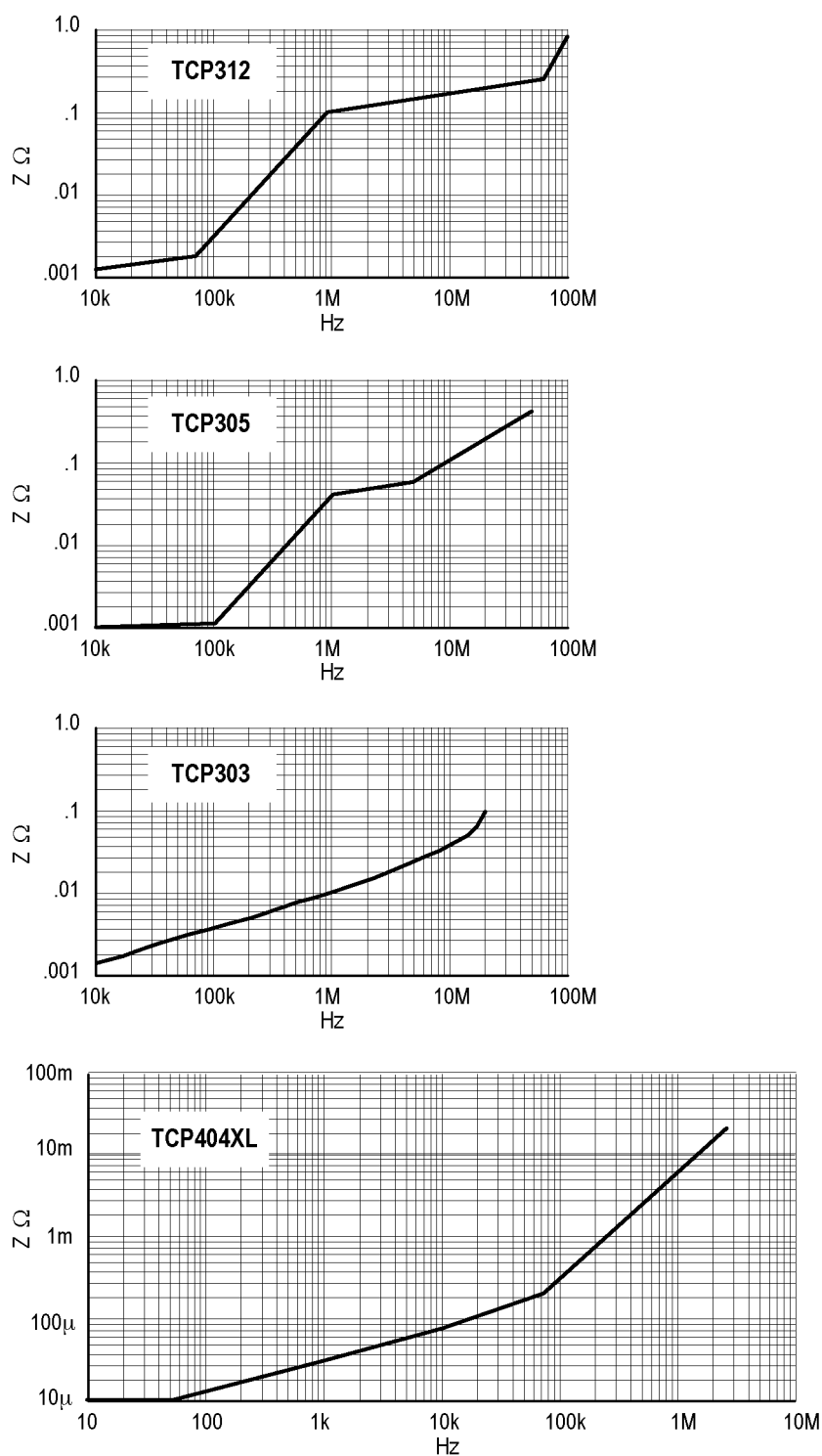


図 32: 挿入インピーダンス対周波数

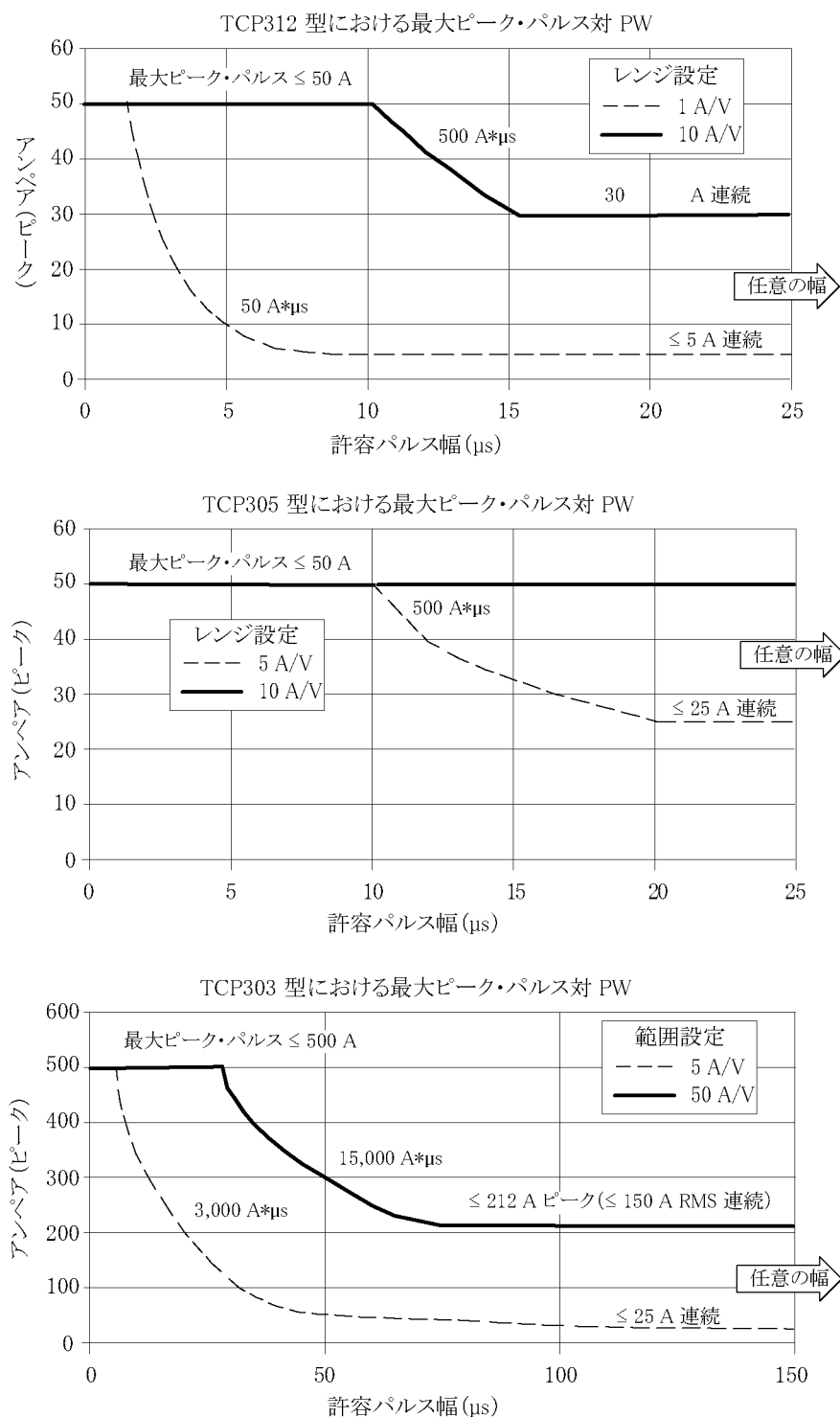


図 33: プローブの指定動作領域

TCP404XL 型の最大測定時間

次の3つのグラフでは、デューティ・サイクルおよび温度の変化に伴うTCP404XL型プローブの最大測定時間を示しています。測定ファクタ同士の相関関係についての詳細を参照してください。(28 ページ「TCP404XL 型プローブを使用した非連続電流の測定」参照)。

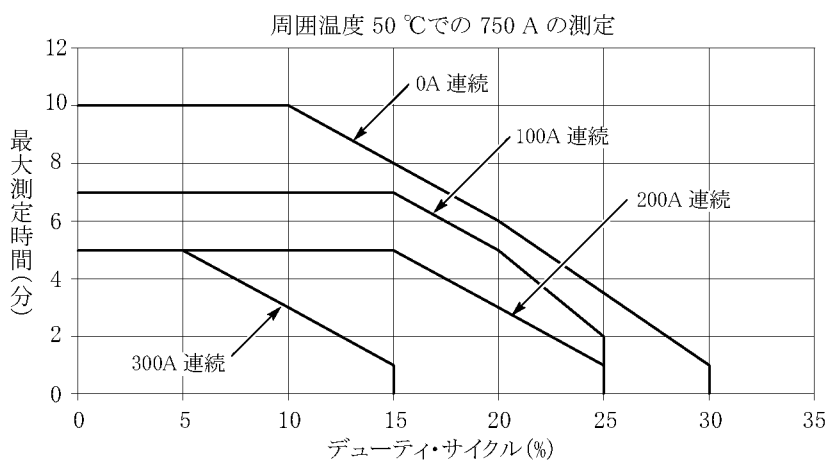


図 34: 周囲温度 50 °Cにおける 750A 非連続測定

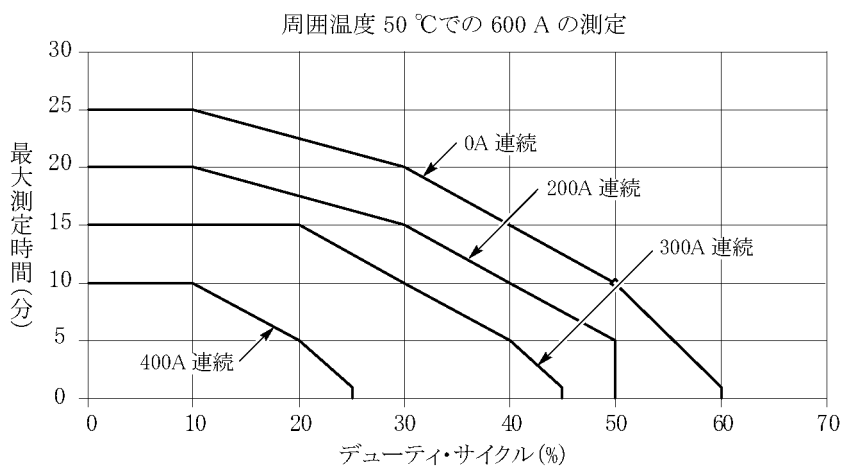


図 35: 周囲温度 50 °Cにおける 600A 非連続測定

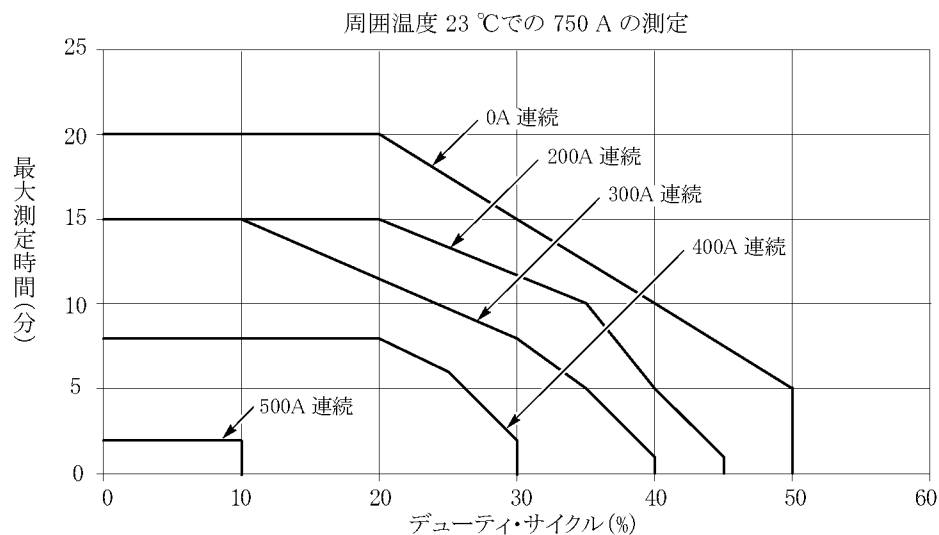


図 36: 周囲温度 23 °Cにおける 750A 非連続測定

周囲温度 23 度では、TCP404XL 型プローブを使用して 600 A を連続的に測定することができます。

この装置をテスト対象に接続した状態では、この標準が要求するレベルを超えるエミッションが発生する可能性があります。

安全性適合情報

表 13: 安全性適合情報

カテゴリ	規格または説明
EC 適合宣言 — 低電圧指令 ¹	『Official Journal of the European Communities』に記載の以下の基準に準拠します。 低電圧指令 73/23/EEC (93/68/EEC により修正)。 EN 61010-1/A2:1995:測定、制御、および実験用途の電子装置に対する安全基準 EN 61010-2-032:1995:電気計測および試験機器用のハンドヘルド電流クランプに対する特定要求事項。
米国の国家認定試験機関のリスト	UL3111-1:電子計測機器の標準 UL3111-2-032:電子計測機器用ハンドヘルド電流クランプの標準
カナダ認証	CAN/CSA-C22.2 No. 1010.1測定、制御および研究用途の電子装置に対する安全基準。 CAN/CSA-C22.2 No. 1010.2.032:1996:電子計測機器用ハンドヘルド・プローブ部品固有の必要条件

表 13: 安全性適合情報 (続き)

カテゴリ	規格または説明
その他の規格	UL 61010B-1: 測定、制御、および実験用途の電子装置に対する安全基準 IEC61010-1/A2:1995: 測定、制御、および実験用途の電子装置に対する安全基準 EN 61010-2-032:1995: 電気計測および試験機器用のハンドヘルド電流クランプに対する特定要求事項 IEC 61010-1:2001: 測定、制御、および研究用途の電子装置に対する安全基準
設置 (過電圧) カテゴリの記述	本製品の各端子には異なる設置 (過電圧) カテゴリが指定されている場合があります。各設置カテゴリは次のように定義されています。 CAT III. 配電レベルの本線 (通常、常時接続)。通常、このレベルの機器は固定された工業設備環境に設置されています。 CAT II. 局所レベルの電源 (壁面ソケット)。このレベルの機器には、電気製品、携帯用機器などがあります。通常、機器はコードで接続されています。 CAT I. 電子機器の二次 (信号レベル) またはバッテリー駆動回路。
汚染度	製品内部およびその周辺で発生する可能性がある汚染度の尺度です。通常、製品の内部環境は外部環境と同じとみなされます。製品は、その製品に指定されている環境でのみ使用してください。 汚染度 1: 汚染なし、または乾燥した非導電性の汚染のみが発生します。このカテゴリの製品は、通常、被包性、密封性のあるものか、クリーン・ルームでの使用を想定したものです。 汚染度 2: 通常、乾燥した非導電性の汚染のみが発生します。ただし、結露によって一時的な導電性が発生することもまれにあります。これは、標準的なオフィスや家庭内の環境に相当します。一時的な結露は製品非動作時のみ発生します。 汚染度 3: 導電性のある汚染、または通常は乾燥して導電性を持たないが結露時に導電性を帯びる汚染。これは、温度、湿度のいずれも管理されていない屋内環境に相当します。日光や雨、風に対する直接の曝露からは保護されている領域です。 汚染度 4: 導電性のある塵、雨、または雪により持続的に導電性が生じる汚染。これは一般的な屋外環境に相当します。
機器の種類	測定機器
安全クラス	クラス 1 (IEC 61010-1、Annex H で定義): アース付き製品
過電圧カテゴリ	過電圧カテゴリ II (IEC 61010-1、Annex J で定義)
汚染度	汚染度 2 (IEC 61010-1 の定義による)。注: 屋内使用のみについての評価です。

¹ TCP305 型と TCP312 型の電流プローブは低電圧指令の対象外であり、第三者機関のリストには記載されていません。ただし、該当する安全基準には適合しています。

用語集

電流時間積

プローブ・コアが飽和するまでに測定可能なパルス電流の最大値を表す測定単位。電流時間積定格は、プローブの最大連続電流定格と最大パルス電流定格の間の測定値にのみ適用されます。電流時間積定格は、50%地点でのピーク電流にパルス幅を掛けた値です。

オートバランス

最高の測定確度を維持するために、TCPA300 型と TCPA400 型の回路から不要な DC オフセットを除去するプロセス。このプロセスはプローブ消磁の際に実行されます。

バックキंग電流

DC の測定と低周波 AC の測定時に、TCPA300 型と TCPA400 型によって電流プローブにフィードバックされる電流。バックキंग電流によってプローブ・コア内の磁界はほぼゼロになり、リニアな DC 測定と AC 測定を同時に実行できます。

通常の電流の流れ

導体内の正電荷の流れです。通常の電流の向きは正から負です。電流プローブ上の矢印は、通常の電流の流れの方向を指します。通常の電流の流れは、電子電流の流れと反対方向です。

消磁

コアに減衰正弦波を与えることでプローブ・コアから残留磁気を除去するプロセス。導体の周囲にプローブを固定する前、プローブが電流のオーバー・ロードによって飽和したとき、またはプローブが磁界の影響を受けたときには、必ず消磁プロセスを実行する必要があります。この用語は、磁束密度の単位に由来しています。

電子電流の流れ

導体内の電子の流れです。電子電流は負から正に流れます。電流プローブ上の矢印は、電子電流の流れと反対方向を指します。電子電流の流れは、通常の電流の流れと反対方向です。

磁束

磁界の密度。磁束線の数が増すと、磁界の強さも増します。被測定導体中の電流は、プローブ・コア内に磁束線を発生して、コアに電圧を誘導します。

ホール素子

電流プローブのコア内にある薄い長方形の半導体断片。ホール素子は、DC と低周波 AC の測定でホール効果を利用します。

ホール効果

磁力線が素子を通過するとき、ホール素子中に電位が生じる効果。電位は磁界の強さに正比例します。電圧極性は磁界極性によって決まります。ホール効果が発生するためにはバイアス電源が必要です。TCP300 シリーズと TCP400 シリーズの電流プローブは、DC と低周波数 AC の測定でホール効果を使用します。

挿入インピーダンス

電流プローブでテスト導体をクランプしたときに、テスト回路にもたらされる等価直列インピーダンスです。

磁化率

既知の強さの外部磁界によってプローブに生じる電流量を表す数値。数値が低いほど、プローブが外部磁界から受ける影響は少なくなります。

飽和

プローブ・コア内の磁界の強さが、コアが吸収できる最大レベルを超えたときの状態。飽和に達すると、プローブは磁界強度の増加にリニアに反応しなくなるため、測定結果が不正確になります。電流のオーバー・ロードはコアの飽和を引き起こします。飽和に達した後、一般にプローブ・コアは残留磁気を保持します。これにより、プローブを消磁するまで測定結果は不正確になります。飽和に達した後はプローブを消磁する必要があります。

索引

記号と番号

ボタン

RANGE, 18
MANUAL BALANCE, 17
ON/STANDBY, 18
PROBE
DEGAUSS/AUTOBALANCE, 16

ENGLISH TERMS

AC カップリング, 14, 18, 24
COUPLING ボタンとインジケータ, 18
CT4 型大電流アダプタ, 4, 31
DC カップリング, 18, 24
DC ゲイン調整、最適化, 19
DC レベル制御, 24
GPIB 操作, 19
MANUAL BALANCE ボタンとインジケータ, 17
NONCOMPATIBLE PROBE
TYPE
インジケータ, 18
NOT TERMINATED INTO 50 Ω
インジケータ, 18
ON/STANDBY ボタン, 18
OUTPUT コネクタ, 19
OVERLOAD インジケータ, 17
PROBE DEGAUSS
AUTOBALANCE ボタン
とインジケータ, 16
PROBE
DEGAUSS/AUTOBALANCE
インジケータ, 16
PROBE
DEGAUSS/AUTOBALANCE
ボタン, 11
PROBE INPUT コネクタ, 19
PROBE OPEN インジケータ, 17
RANGE ボタンとインジケータ, 18
TCP404XL 型
最大測定時間, 28, 58
TEKPROBE インタフェース・ケーブル, 7

あ

アプリケーション, 33
安全にご使用いただくために, v

い

インジケータ
COUPLING, 18
MANUAL BALANCE, 17
NONCOMPATIBLE PROBE
TYPE, 18
NOT TERMINATED INTO
50 Ω , 18
OVERLOAD, 17
PROBE
DEGAUSS/AUTOBALANCE, 16
PROBE OPEN, 17
RANGE, 18
インダクタンス測定, 35
インダクタンスの測定, 35

う

運搬ケース, 6

え

エラー・コード
シャットダウン・エラー, 47
修正, 47
表示, 44

お

オプション・アクセサリ, 4
オプション, 3
オートバランス, 61
オートバランス機能, 16

か

ガウス, 61
カップリング・モード, 24

こ

コネクタ
OUTPUT, 19
PROBE INPUT, 19
コントロールの概要, 15

さ

最大許容パルス振幅, 27
最大測定時間, 28
最大パルス電流定格, 25
最大連続電流定格, 25
差動電流, 22

し

磁化率, 62
磁束, 61
シャットダウン・エラー, 47
周波数ディレーティング, 25
仕様, 49
消磁機能, 11, 16, 21, 61

す

スタンダード・アクセサリ, 4

せ

接続
増幅器からオシロスコープ
へ, 7
電流プローブから増幅器
へ, 8
電流プローブを被測定回路
へ, 13
ゼロ電流, 22

そ

挿入インピーダンス, 62
増幅器の電源をオンにする, 7

た

ターミネーション、50 Ω 2W 通過型, 7

つ

通常の電流, 61
も参照 電子電流
通常の電流の流れ, 61

て

電子電流, 61
も参照 通常の電流
電流限界値
最大パルス, 25
最大連続, 25
電流時間積, 25
電流時間積, 25, 61
電流の測定
AC, 14
DC, 12
差動電流, 22
電流ゼロ, 22

と

導通の測定, 37
トラブルシューティング, 40

は

バッキング電流, 30, 61
バッキング電流の増加, 30

ふ

フロント・パネルのコントロール, 15
プローブ
カップリング, 24
最大電流限界値, 25
消磁(残留磁気の除去), 11, 16
説明, 2
電流限度の拡大, 30
電流レンジの拡大, 30
プローブ・スライドの操作, 9
飽和, 25
プローブ感度の向上, 32

プローブの電流レンジの拡大, 30
プローブ・ホルダ, 5

ほ

飽和, 62
ボタン
COUPLING, 18
ホール素子, 61
ホール効果, 62