

超電導磁石用電源 625型



High Stability
Superconducting
Magnet Power
Supply

625 型 超電導磁石用電源



特長

- 60A / 5V、バイポーラ、真の4象限出力
- 出力の設定分解能：0.1mA
- リニアレギュレーションを使用し、ノイズを最小化
- リップル：最大電流の0.007%以下（1mΩ負荷時）
- 安定性：1mA/時
- 並列運転で±120Aまで出力



CE 準拠：低電圧指令及び放射エミッション要求を含めた電磁環境適合性（EMC）規格の両方に準じています。

概要

625 型は高感度物性研究で使われる中/小型の超電導磁石に適した理想的な電磁石電源です。625 型はオールインワンタイプの中規模な超電導磁石電源としても、また連続運転をする為の一般的な電源としても、どちらにもご使用頂けます。625 型は電源出力をミドルレンジに限定し、多くの磁石ユーザーが要求している性能と仕様を満足するように設計開発されました。その結果、高精度、低ノイズ、安全性、そして使い易さを兼ね備えることができました。

通常、精密な磁気測定を行うには、高い設定分解能と低いドリフト、そしてなめらかな連続運転ができることが必要です。超電導磁石のようなデリケートな負荷を駆動して精度を高めるには特別なソリューションが必要です。625 型は、コンプライアンス電圧 5V で 60A まで出力でき、真の 4 象限オペレーションで、ソースとしてもシンクとしても動作する電源です。電流ソースの出力回路にはアナログ制御を採用しており、スムーズな連続運転と低ドリフトを実現しています。アナログ回路とデジタル回路を注意深く組み合わせることによって、高設定分解能 0.1mA と融通性のあるプログラミング出力を実現しています。

300W クラスの LakeShore 社 625 型には、リニア入/出力パワーステージを採用しました。リニアオペレーションの為、スイッチング電源による RF ノイズの発生は抑制されます。625 型は、出力に重畳する全てのノイズと周囲の電子機器に放射してしまうノイズを減少させることができます。

蓄積されたエネルギーと液体寒剤が共存している超電導磁石システムでは、安全は極めて重要です。磁石と電源の安全性を確かなものとする為、625 型はハードウェアとファームウェア両方による様々な保護機能を備えています。オペレータの安全性を向上させる為、本電源は、低電圧指令と電磁環境適合性（EMC）規格の両方を含んだ CE マーク安全規格に準じています。

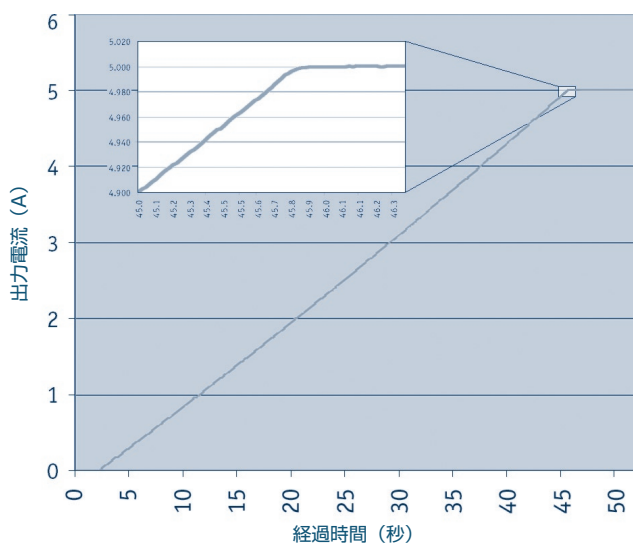
LakeShore 社製品の使いやすく簡単な操作性は、近年、多くのユーザーから高い評価を受けています。

625 型は、永久電流モードのためのパーステントスイッチヒーター出力、磁場強度表示（出力電流からの計算値）、電流ランプ機能、そしてクエンチ検出など、超電導磁石を簡便に操作するために必要な機能を備えています。また、コンピュータインターフェースを使用すれば、電磁石システムを完全に自動化することもできます。625 型は、超電導磁石をコントロールする為の真に卓越したオールインワンタイプのソリューションです。

出力回路の設計

真の 4 象現出力が可能であるため、625 型は正磁場・負磁場にかかわらず超電導磁石の充放電の繰り返しに適応します。緻密に設計されたアナログ制御回路が内蔵され、4 象現出力を制御します。それにより、出力変化におけるオーバーシュートを極めて低く抑え、なめらかな電流変化が得られます。625 型は最大 5V の速度で磁石を充放電できます。

内部プログラミングを使用した電流変化



この図は、8.6H 超伝導磁石内で、実際に電流を 5A 変化させた時のグラフです。95mA/sec のランプ波形はなめらかで、注目している拡大エリアを見ると、オーバーシュートが最小限に抑えられていることがわかります。（出力電流をモニタ。測定レートは 58.88Hz、ゲイン 10 倍で出力電流を収録。）

真の 4 象現オペレーションは、電流の極性を反転する際、外部スイッチの切り替えやオペレータを介在させる必要がなくなり、システム設計を著しく簡素化します。ゼロを通過する際の電流変化もなめらかで連続的ですので、使用者は極性の反転を含め、磁場を容易にコントロールできます。

定常磁場でも、綿密に注意深く設計されたアナログ制御回路とレイアウトにより出力電流のドリフトは低く保たれます。625 型は安定性が高く低ノイズであるため、永久電流モードに入れなくても、様々な状況で実験を行うことができます。このことは、データを収集するのに必要な時間を短縮するのに役立ちます。

625 型の出力回路は低ノイズのリニア方式入出力回路に基づいて設計されています。625 型のリニア回路は、スイッチング方式の超電導磁石用電源よりも電気ノイズを抑えた動作が可能です。この設計のもう 1 つの重要な利点は、放射エミッション要求を含めた電磁環境適合性（EMC）規格に対し CE 準拠していることが挙げられます。

出力プログラミング

625 型の出力電流は、キーボードやコンピュータインターフェースを経由して内部にプログラミングすることも、アナログプログラミング入力で、外部からプログラミングすることも、また、内部・外部両方の設定でプログラミングすることもできます。内部プログラミングの場合、625 型には、全出力範囲に渡ってリニアリティを保つために専用の DA コンバータが組み込まれており、その分解能は 0.1mA です。

625 型は、実際に、オーバーシュートの無い、極めてなめらかで連続的なランプ波形を出力します。電流のランプレートはデジタル値で設定でき、0.1mA/s と 99.999A/s の間で可変です。電源は、円滑なランプレートを実現する為に、高分解能 DA コンバータを毎秒 27 回更新します。DA コンバータ出力のローパスフィルタが、ランプ出力中の階段状の波形変化をなめらかにします。トリガ入力でランプ出力を開始することもできます。

625 型の出力コンプライアンス電圧は、0.1V と 5V 間を 100 μ V 分解能で設定できます。電圧設定は絶対値で設定します。例えば、2V と設定すると、-2.0V 以上 +2.0V 以下に出力を限定します。

出力値の読み取り

625 型は出力電流値を 0.1mA の高分解能で読み取ることができます。出力電流は、電磁石の中を流れる実際の電流を反映しています。出力電圧は出力端子における電圧で、その読み取り分解能は 100 μ V です。さらに、リモートセンシングを利用すれば、電磁石と電源間の電圧降下の影響を受けずに正確な電圧値が読み取れます。出力値はすべて前面パネルに表示でき、またコンピューターインターフェースを経由して読み取ることもできます。

保護回路

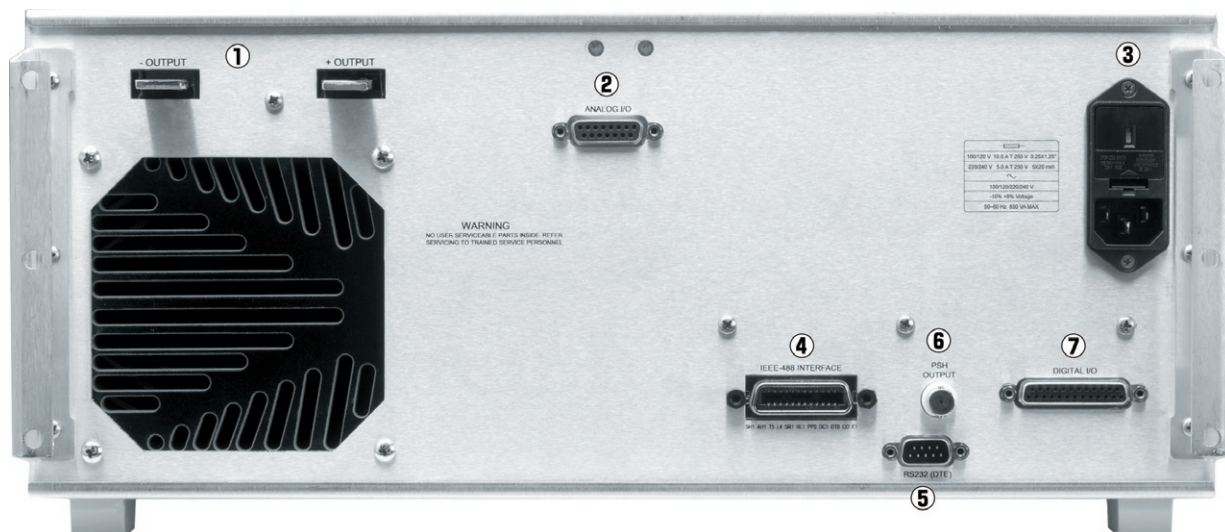
超伝導電磁石に蓄積されたエネルギーの管理をするためにはいくつかの異なるタイプの保護回路が必要です。625 型は問題の予兆を捕らえるため、負荷・ライン電源電圧・内部回路を連続的にモニターしています。許容範囲を越える変化があった場合は、フェール・

セーフモードによって出力がゼロになります。ライン電源が断られた時は、出力回路（サイリスタ）が動作し、出力がゼロに達するまで 1 ボルトのレートで放電して、磁石の管理を維持します。

クエンチ検出回路はユーザーに警告を与え、そして電磁石システムを保護するために必要です。625 型のクエンチ検出方法は基本的に信頼性のある方法を採用しています。

もし、ユーザーが設定した電流ステップのリミットより急な電流変化があった場合は、クエンチが検出され、そして出力電流は安全を保ちながらゼロになります。

何らかの問題が起きた場合などにはリモートインヒビット入力を利用して出力電流設定をゼロにすることができます。この入力は普通、外部クエンチ検出回路や 2 台目の電源のフォルト出力、緊急停止ボタンと接続して使用します。フォルト出力はフォルト状態になると閉じるリレー接点です。フォルト状態になるとこの接点が閉じて他のシステムコンポーネントに警報を発することができます。



625 型リアパネル接続端子

- ① 正負出力端子
- ② アナログ I/O 端子
- ③ ライン電源入力端子
- ④ IEEE-488 インターフェース
- ⑤ RS-232 (DTE)
- ⑥ PSH 出力端子
- ⑦ デジタル I/O 端子

並列運転

625 型 1 台では出力電流が不足する場合は、2 台の電源を並列接続して 120A/5V を得ることができます。各ユニットは、トータルの出力電流の半分に設定され独立して作動します。60A 時の分解能は 0.1mA になります。ユニットが適切に設定されていれば、一方のユニットがフォルトを検知したらそれ自体を保護するとともに、別のユニットにも自動的に適切な保護モードに入るようにフォルト出力を出すことができます。

パーシステントスイッチ・ヒーター出力

内蔵されたパーシステントスイッチ・ヒーター（PSH）出力は、ほとんどのスイッチ・ヒーターを駆動することができる制御された DC 電流出力です。その出力は 10mA から 125mA までの範囲で 1mA の分解能があり、12V あるいは 21V のコンプライアンス電圧が選択できます。パーシステントスイッチ・ヒーターが駆動できる最小の負荷抵抗は 10 Ω です。電磁石のオペレーションミスを防ぐために、パーシステントモード・オペレーションは本機のファームウェアに組み込まれています。

インターフェース

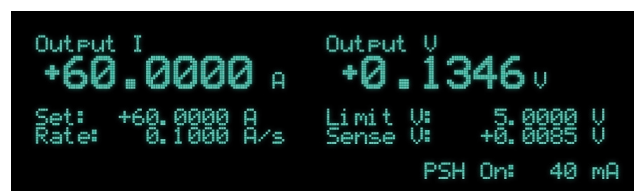
625 型が装備している「IEEE-488」および「RS-232C」コンピューターインターフェースによって、フロントパネルからできる操作はすべてリモートコントロールでも操作でき、また設定値や動作データにアクセスすることができます。さらに出力電流のランプ動作を開始するトリガ機能も持っています。外部トリガ入力もしくはコンピューターインターフェースコマンドによるトリガのいずれかを受けると、電源は新しいセットポイントに向かってランプ動作を開始します。

625 型には出力電流と出力電圧がモニターできる 2 つのアナログ出力が装備されています。どちらの出力もバッファーされた差動出力で、モニターされた信号をアナログ電圧に変換して出力します。電圧モニターの変換比は 1V の出力に対して 1V で、電流モニターの変換比は 10 A の出力に対して 1V です。

ディスプレイとキーパッド

625 型は 8 行 40 文字の大きな蛍光管ディスプレイを装備しています。出力電流、テスラまたはガウス単位に演算された磁場強度、電圧およびリモートセンシングによる電圧はすべて同時に表示されます。ランプ動作、コンプライアンス、フォルト、パーシステントスイッチヒーター（PSH）の状態、およびコンピューターインターフェースモードはフロントパネルに配置された 5 つの LED によってその状態が表示されます。機器がエラー状態になると警告音が鳴り、ディスプレイ上にメッセージが表示されます。ステータス・キーを押すとエラーに関する詳しい情報が参照できます。

キーパッドは機能別に配置されています。電源の基本的な機能には一回のボタン操作でアクセスできます。キーパッドのロック機能は、すべての変更を禁止するか、もしくは、出力値の変更にかかわる設定パラメータの変更を禁止するかのどちらかを選択できます。



電流と電圧の設定、電流と電圧の読み取り値、ランプのレート、センシング電圧、パーシステントスイッチヒーター（PSH）の状態、および、機器の動作状態が同時に表示されます。



出力磁場強度設定、電流ランプレート、電流の読み取り値、出力電流設定、出力電圧設定、電圧コンプライアンス設定、リモートセンシング電圧の読み取り値、および演算された磁場強度を表示するように設定することができます。

仕 様

記載されている仕様は、予告無く変更される場合があります。

出 力

- タイプ : バイポーラ、4 象限、DC 電流源
- 電流出力 : デジタル設定あるいはアナログコントロールによるリアレギュレーション
- 電流レンジ : ± 60A
- 最大コンプライアンス電圧: ± 5V (公称値、ソース、シンク両方)
- 最大電力 : 300W
- 負荷リアクタンス : 0H ~ 100H
- 最大電流リップル : 1m Ω 負荷時、60A で 4mA (0.007%)
誘導負荷あるいは低電流印加時、大幅に減少
- 電流リップル周波数 : 電源周波数とその高調波成分による
- 温度係数 : フルスケールの ± 15ppm/°C
- 電源変動率 (6%) : 15ppm
- ソースインピーダンス : 25 Ω
- 安定度 (1時間) : ウォームアップ完了後 1mA / 時
- 安定度 (24時間) : 10mA / 日 (公称値、温度係数と電源変動率によって左右される)
- アイソレーション : グランドループを避けるため、出力は、シャーシから光絶縁されている。
- 並列運転 : 2 台まで並列運転可 (± 120A, ± 5V)
- 保 護 : クエンチ、AC 電源の停電、低電源電圧、高電源電圧、出力電圧多過、出力電流多過、高温、遠隔操作機器異常 (異常検出時に磁石端子間の電位を 1V (公称) に保って放電する。)

出力プログラミング

内部電流設定

- 分解能 : 0.1mA (20 ビット)
- セットリング時間 : 抵抗負荷に、設定値の 1% 電流値へ達するまで 600m 秒 (± 1mA)
- 確 度 : ± 10mA ± 設定値の 0.05%
- 操 作 : キーパッド、コンピュータインターフェース
- 保 護 : 電流設定リミット

内部電流ランプ

- ランプレート : 0.1mA / 秒 ~ 99.999A / 秒
(コンプライアンス電圧の制限内)
- 更新レート : 27.7 回 / 秒
- ランプセグメント : 5
- 操 作 : キーパッド、コンピュータインターフェース、トリガ入力
- 保 護 : ランプレートリミット

外部電流プログラミング

- 感 度 : 6V = 60A
- 分解能 : アナログ
- 確 度 : ± 10mA ± 設定値の 1%
- 帯域 (3dB) : 40Hz、2 極、ローパスフィルタ (10Hz パスバンド、コンプライアンス値により制限)
- 入力抵抗 : > 50k Ω
- 操 作 : リアパネルからの電圧による
- コネクタ : D-sub 15 ピン
- リミット : 内部で 6.1V に制限

コンプライアンス電圧設定

- レンジ : 0.1V ~ 5.0V
- 分解能 : 100 μV
- 確 度 : ± 10mV ± 読み値の 1%

読み取り

出力電流

- 分解能 : 0.1mA
- 確 度 : ± 1mA ± 読み値の 0.05%
- 更新レート : 2.5 回 / 秒 (表示)、10 回 / 秒 (インターフェース)
- 補 償 : リード線抵抗と 25 Ω のソース抵抗を補償

出力電圧 (@出力端子)

- 分解能 : 100 μV
- 確 度 : ± 1mV ± 読み値の 0.05%
- 更新レート : 2.5 回 / 秒 (表示)、5 回 / 秒 (インターフェース)

リモート電圧 (@マグネット端子)

- 分解能 : 100 μV
- 確 度 : ± 1mA ± 読み値の 0.05%
- 更新レート : 1.25 回 / 秒
- 入力抵抗 : > 50k Ω
- コネクタ : D-sub 15 ピン

PSH 出力

- 電流レンジ : 10mA ~ 125mA
- コンプライアンス電圧 (min) : 12V あるいは 21V (選択式)
- ヒータ抵抗 (min) : 10 Ω
- 設定分解能 : 1mA
- 確 度 : ± 1mA
- 操 作 : On / Off (5 ~ 100 秒のロックアウトディレイ付)
- 保 護 : ヒータのオープンあるいはショート状態の検出、off の場合と on 時の出力電流が異なる場合、エラーメッセージを表示
- コネクタ : BNC

フロントパネル

表示形式 : 8行40文字、グラフィック蛍光管
読み取り値表示 : 出力電流、演算された磁場強度 (T 又は G)、
出力電圧、及びリモートセンシング電圧
設定値表示 : 出力電流、演算された磁場強度、コンプライアンス電圧、及びランプレート
アナウンシエータ表示 : ステータス、及びエラー
LEDによるアナウンシエータ : パーシステントスイッチヒータオン (PSHO)、リモート、コンプライアンスリミット、
フォルト、ランプ動作中
キーパッド : 26フルトラベルキー
キーパッドファンクション : 基本操作にダイレクトアクセス可、メニューによる設定

インターフェース

IEEE-488.2 インターフェース

Features : SH1, AH1, T5, L4, SR1, RL1, PP0, DC1, DT1, C0, E1

読み取りレート : 10回/秒以下

ソフトウェアサポート : NI社 LabVIEW™ ドライバ (対応予定)

シリアルインターフェース

規格 : RS-232C

ボーレート : 9600, 19200, 38400, 57600

読み取りレート : 10回/秒以下

コネクタ : 9-pin D-sub

出力電流モニタ

感度 : 60 A = 6 V

精度 : フルスケールに対して ± 1%

ノイズ : 1mV

出力インピーダンス : 20 Ω

コネクタ : 15-pin D-sub

出力電圧モニタ

感度 : 1V = 1V

精度 : フルスケールに対して ± 1%

ノイズ : 1mV

出力インピーダンス : 20 Ω

コネクタ : 15-pin D-sub

フォルト出力

方式 : リレー (フォルト時閉)

リレー接点 : 30 VDC @ 1A

コネクタ : 25-pin D-sub

リモートインヒビット入力

方式 : TTL 又は 接点

コネクタ : 25-pin D-sub

トリガー入力

方式 : TTL or contact closure

コネクタ : 25-pin D-sub

一般

環境温度 : 15°C ~ 35°C

冷却 : 2スピードファンによる空冷

ウォームアップ : 30分 (出力電流設定値について)

ライン電源 : 100 · 120 · 220 · 240 VAC +6% -10%、単相、
50 又は 60 Hz、720 VA

寸法 : 483 mm W × 178 mm H × 521 mm D ラックマウント可 (ラックマウント用の耳付き)

重量 : 27.2 kg

認可 : CE マーク - 低電圧コンプライアンス EN61010-3 準拠

EMC コンプライアンス EN55022-1 準拠

校正周期 : 1年

東陽テクニカ

株式会社 東陽テクニカ 営業第1部

〒103-8284 東京都中央区八重洲 1-1-6 TEL. 03-3279-0771 FAX. 03-3246-0645

<http://www.toyo.co.jp>



大阪支店	〒532-0003	大阪府大阪市淀川区宮原 1-6-1 (新大阪ブリックビル)	TEL. 06-6399-9771	FAX. 06-6399-9781
名古屋営業所	〒465-0095	愛知県名古屋市名東区高社 1-263 (一社中央ビル)	TEL. 052-772-2971	FAX. 052-776-2559
茨城営業所	〒305-0031	茨城県つくば市吾妻 2-8-8 (つくばシティアビル)	TEL. 029-851-1366	FAX. 029-852-3421
電子技術センター	〒103-8284	東京都中央区八重洲 1-1-6	TEL. 03-3279-0771	FAX. 03-3246-0645
テクノロジーインターフェースセンター	〒103-0021	東京都中央区日本橋本石町 1-1-2	TEL. 03-3279-0771	FAX. 03-3246-0645