

目 次

	ページ
序文	1
1 適用範囲	1
2 引用規格	2
3 用語及び定義	3
4 環境条件	5
5 組合せシステムの特性	5
5.1 規定特性	5
5.2 実測特性	5
5.3 組合せシステムの特性	5
5.4 情報の交換及び責任	6
6 試験の種類	6
6.0A 試験の区分	6
6.1 一般	7
6.2 形式試験	7
6.3 調査試験	7
7 試験	8
7.1 一般	8
7.2 試験条件	8
7.3 温度上昇試験	9
7.4 並列接続した誘導電動機の場合の追加試験	9
7.5 特性試験及び許容値	10
7.6 その他の試験	11
7.7 調査試験	12
附属書 A (規定) 受渡当事者間で協定が必要な事項	20
附属書 JA (参考) JIS と対応する国際規格との対比表	21

まえがき

この規格は、工業標準化法第 12 条第 1 項の規定に基づき、社団法人日本鉄道車輛工業会(JARI)及び財団法人日本規格協会(JSA)から、工業標準原案を具して日本工業規格を制定すべきとの申出があり、日本工業標準調査会の審議を経て、国土交通大臣が制定した日本工業規格である。

この規格は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この規格の一部が、特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権又は出願公開後の実用新案登録出願に抵触する可能性があることに注意を喚起する。国土交通大臣及び日本工業標準調査会は、このような特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権又は出願公開後の実用新案登録出願に係る確認について、責任はもたない。

JIS E 5011 の規格群には、次に示す部編成がある。

JIS E 5011-1 第 1 部：インバータ方式

JIS E 5011-2 第 2 部：コンバータ・インバータ方式（中間直流リンクあり）

鉄道車両— 電力変換装置及び交流電動機の組合せ試験— 第2部：コンバータ・インバータ方式 (中間直流リンクあり)

Rolling stock—Combined testing of power convertor with ac motors—
Part 2: Convertor-inverter system with intermediate dc link

序文

この規格は、2002年に第1版として発行された IEC 61377-3 を基に作成した日本工業規格であるが、対応国際規格には規定されていない規定項目（工場内試験及び車両搭載試験の分割、トルク特性の測定条件など。）の追加などのために、技術的内容を変更して作成した日本工業規格である。

なお、この規格で側線又は点線の下線を施してある箇所は、対応国際規格を変更している事項である。変更の一覧表にその説明を付けて、**附属書 JA** に示す。

1 適用範囲

この規格は、交流電動機、コンバータ・インバータ及びそれらの制御システムの組合せ試験について規定する。その目的は、次による。

- 電力変換装置（以下、変換装置という）、交流電動機及び関連する制御システムで構成する電気駆動の性能特性
 - 性能特性を試験によって検証する方法
- 組合せシステムは、次の二つに分類する。

- a) 変換装置は、電動機の機械的出力（トルク及び速度）を制御しないで、単数又は複数の交流電動機（例えば、冷却送風機用電動機のような補助電動機）に給電する。この場合、（周波数及び電圧が可変又は固定によらず）電源から直接給電されて動作する。
 - b) 変換装置は、機械的出力を制御される単数又は複数の交流電動機に給電する（並列運転を含む。）。
- 分類 a)にあるシステムは、**JIS E 5008** 及び **JIS E 6102** によって試験を行う。

この規格は、分類 b)に該当する、主として、主電動機駆動システムについて適用する（**図 2** 参照）。

JIS E 6102 は、変換装置から電源供給を受ける交流電動機に、**JIS E 5008** は、変換装置に、**JIS E 5006** は、電子機器に、それぞれ適用するが、この規格は、交流電動機、変換装置及びその制御システムの組合せ試験に適用する。すなわち、**JIS E 6102** 及び **JIS E 5008** は、それぞれ交流電動機及び変換装置が、その仕様を満足していることを検証する試験について規定している。そのため、この規格で規定している試験の中には、これらの規格で規定している対応する項目と置き換えができる。したがって、試験の重複を避

けるため、使用者及び製造業者（以下、“受渡当事者”という。）間で協定しておくことが望ましい（例えば、表1の“重複している可能性のある試験項目”を参照）。

完全な組合せ試験を行うには、大規模な設備が必要で、しばしば大容量の電源が必要となるので、すべての工場で組合せ試験ができるとは限らない。そのため、工場内試験又は車両搭載試験のどちらにするかは、受渡当事者間で協定してもよい。また、実施する試験の内容を、工場内試験及び車両搭載試験に分割してもよい。

この規格の制定時には、車両の駆動システムとして、交流電動機及びインバータには、次のような組合せがある。将来、利用できる可能性のあるその他の組合せに適用してもよい。

- a) 電圧形インバータから給電される誘導電動機
- b) 電圧形インバータから給電される同期電動機
- c) 電流形インバータから給電される誘導電動機
- d) 電流形インバータから給電される同期電動機

これらのインバータ入力（図2参照）は、例えば、交流電線から整流装置、直流電線からチョップパ又は独立電源（車載発電装置、蓄電池又はその他の電気エネルギー源など）で作られる、中間直流リンクから給電される。

注記1 間接変換装置は、“入力エネルギーを中間リンクを介して出力エネルギーに変換する装置”である。つまり、狭義の意味のコンバータ（順変換装置）で中間直流リンクにつながり、更に、同リンクにつながったインバータ（逆変換装置）で電動機などの負荷に電力を供給するのが間接変換装置である。

注記2 この規格の対応国際規格及びその対応の程度を表す記号を、次に示す。

IEC 61377-3:2002, Railway applications—Rolling stock—Part 3 : Combined testing of alternating current motors, fed by an indirect convertor, and their control system (MOD)

なお、対応の程度を表す記号(MOD)は、ISO/IEC Guide 21に基づき、修正していることを示す。

2 引用規格

次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの引用規格のうちで、西暦年を付記してあるものは、記載の年の版を適用し、その後の改正版（追補を含む。）には適用しない。西暦年の付記がない引用規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

JIS E 4001 鉄道車両用語

注記 対応国際規格：IEC 60050-811, International Electrotechnical Vocabulary (IEV)—Chapter 811: Electric traction (MOD)

JIS E 5006 鉄道車両—電子機器

注記 対応国際規格：IEC 60571, Electronic equipment used on rail vehicles (MOD)

JIS E 5008:2009 鉄道車両—電力変換装置

注記 対応国際規格：IEC 61287-1:2005, Railway applications—Power convertors installed on board rolling stock—Part 1: Characteristics and test methods (MOD)

JIS E 6102:2004 鉄道車両用交流主電動機

注記 対応国際規格：IEC 60349-2:2002, Electric traction—Rotating electrical machines for rail and road vehicles—Part 2: Electronic convertor-fed alternating current motors (MOD)

IEC 60050-411, International Electrotechnical Vocabulary (IEV)—Chapter 411: Rotating machinery

IEC 60050-551, International Electrotechnical Vocabulary (IEV)—Chapter 551: Power electronics

IEC 60850, Railway applications—Supply voltages of traction systems

3 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は、JIS E 4001, JIS E 5008, JIS E 6102, IEC 60050-411 及び IEC 60050-551 によるほか、次による。

3.1

組合せシステム (combined system)

コンバータ・インバータ, 電動機, それらの関連する制御システム並びに実際の使用条件となるべく等価な接続ケーブル及び冷却システムで構成するユニット。

3.2

使用者 (user)

組合せシステムを発注する組織。通常は、車両又は装置を使用する組織である。ただし、主契約者又はコンサルタントに責任を委任する場合は、この限りではない (図 1 参照)。

3.3

製造業者又は主契約者 (manufacturer)

組合せ試験を実施し、組合せシステムの供給に対して、技術的責任をもつ組織 (図 1 参照)。

注記 変換装置の供給者が主契約者となる場合がある。

3.4

供給者又は請負業者 (supplier)

変換装置, 制御装置, 電動機の中の一種類又は複数の機種を供給し, それらの電気品について責任をもつ組織 (図 1 参照)。

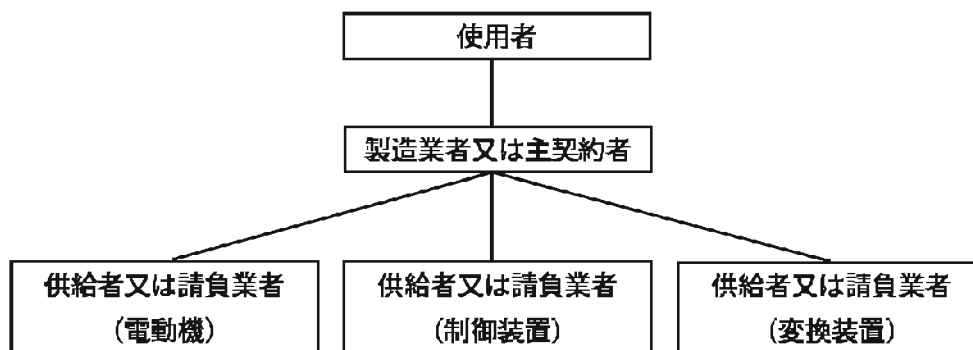


図 1—組合せシステムに関する製造業者・供給者の例

3.5

製造業者の工場 (manufacturer's works)

通常、試験を行う場所。

3.6

デューティ (duty)

組合せシステムに指定された負荷条件。その負荷条件には、電気ブレーキ, 無負荷, 休止期間及び無加

圧期間を含み、その持続時間及び順序も含む。

3.7

車両のデューティサイクル・負荷パターン (duty cycle of vehicles/load profile)

車両のデューティサイクルは、こう配及び曲線区間が各所にある軌道上を走行する、列車の速度及び質量によって定まる負荷の時間変化。

変換装置に対する負荷パターンは、車両のデューティサイクルから計算する。

負荷パターンは、負荷パターンの繰返しサイクル及び起動・ブレーキのような指定条件における負荷電流・負荷出力である。さらに、電圧も考慮する必要がある。

3.8

欠番 (第一部の定義に合わせた。)

3.9

組合せシステムの定格 (rating of a combined system)

持続時間及び順序を含めた、電気量及び機械量との組合せで、製造業者が組合せシステムに対して定めた値。

3.10

定格値 (rated value)

定格を示す電気量及び機械量の数値。

3.11

連続定格 (continuous rating)

組合せシステムが、試験台上で、JIS E 5008 及び JIS E 6102 で規定した温度上昇限度を超えることなく、指定の条件で連続して出力できる機械的出力。

注記 複数の連続定格が、指定される場合がある (多電源システムなど)。

3.12

短時間定格 (例えば、1 時間定格) [short-time rating (for example, 1 h rating)]

組合せシステムが、試験台上で、JIS E 5008 及び JIS E 6102 の表 2 で規定した温度上昇限度を超えることなく、指定の条件で規定の時間中に出力できる機械的出力。ただし、その組合せシステムは、冷状態で起動とし、ここで規定した規格のその他の要求事項をすべて満足しなければならない。

注記 規定の時間が 1 時間の場合には、1 時間定格という。

3.13

短時間過負荷定格 (short-time overload rating)

組合せシステムが、試験台上で指定の条件で規定の時間中に出力できる過負荷の機械的出力。その試験は、JIS E 6102 の 8.1.6 の規定によって行い、JIS E 5008 及び JIS E 6102 の表 3 を参照する。

注記 短時間過負荷定格は、連続定格以下で相対的に長い時間を運転した後に、短時間続く過負荷定格で、使用条件に対して組合せシステムの適否を決める数値である。これらは、一般的に、機関車に適用する。短時間の負荷サイクルの繰返しで運転する車両には適用しない。つまり、都市鉄道又は同様の短時間の負荷サイクルの繰返しに関係するものではないので、このような用途についての仕様には、使用しない。

3.14

間欠負荷定格 (intermittent duty rating)

温度上昇が、JIS E 5008 及び JIS E 6102 で規定した温度上昇限度を超えずに運転することができる、組

合せシステムのデューティサイクル。

3.15

繰返し負荷定格 (periodic duty rating)

温度上昇が、JIS E 5008 及び JIS E 6102 で規定した温度上昇限度を超えずに運転することができる、組合せシステムの繰返し負荷。

4 環境条件

交流電動機、変換装置及び制御システムに関係する環境条件は、JIS E 5006、JIS E 5008 及び JIS E 6102 による。

5 組合せシステムの特性

5.1 規定特性

一般に、組合せシステムの仕様は、この規格に規定する特性曲線で示す。これらの特性曲線は、“規定特性”と定義し、各変化量の設計上の限界までプロットする。これらは、通常、交流電車線又は直流電車線の標準電圧における特性とするが、受渡当事者間で協定した場合は、電車線の標準電圧より高い電圧又は低い電圧で特性曲線を作図してもよい。この特性は、電動機の巻線を JIS E 6102 の 5.2 (基準巻線温度) による基準巻線温度とし、変換装置各部は、供給者の指定する温度で特性曲線を作図する。

トルク及び回転速度の代わりに、特性曲線を車輪踏面における引張力及び列車速度で示してもよい。ただし、その場合は、歯車比、車輪直径及び動力伝達損失を記載しなければならない。車輪踏面における速度-引張力特性曲線に記載する動力伝達損失について、特に規定しない場合は、JIS E 6102 の図 B.1 による。

この規定特性は、特定の規定がない限り、組合せ試験の実施前に、製造業者から使用者へ提出しなければならない。

規定特性を決定する主回路システムへの給電電圧値は、使用者が規定する。その電圧は、IEC 60850 による標準値とすることが望ましい。

5.2 実測特性

実測特性は、7.5 によって行った形式試験の結果から得た特性曲線である。

注記 実測特性は、決定特性と呼ぶ場合もある [JIS E 6102 の 5.4 (決定特性) を参照。]

5.3 組合せシステムの特性

適用する全速度域についての特性として規定したすべての使用領域において、組合せシステムの規定特性及び実測特性は、次のとおりである。

- 機械的トルク及び入力値のようなシステムについての入出力特性 (例えば、組合せシステムの電圧、電流及び電力)。
- 中間直流リンクの電流・電圧、インバータ出力電流の rms 値、インバータ出力電流及び電圧の基本波成分の rms 値、並びに誘導電動機のすべり又は同期電動機の励磁電流のようなシステムの内部特性。
- 線間及び対地間のピーク電圧など、並びにスイッチングによって発生する内部値、温度など。

注記 1 内部のスイッチングによって発生する電圧値を考慮し、装置の耐電圧試験の電圧を確認する。

注記 2 効率が重要なパラメータである場合には、その特性を示す。ディーゼルエンジン式鉄道車両、電気式鉄道車両又は蓄電池を駆動電源とする車両に使用する装置の組合せシステムでは、効率率は、特に重要である。

注記3 組合せシステムの効率特性は、電動機、変換装置、ケーブル類、冷却用送風機、ポンプなどの関連する構成部品を考慮する。

注記4 同期電動機の場合、効率の測定は、当該同期電動機の励磁損失を含める。

特性曲線は、力行特性及び電気ブレーキ付きの場合には、電気ブレーキ特性を含めて、使用する速度範囲全体にわたり、要求する最大トルク基準値までを作図する。

システムの入出力特性及び内部スイッチングで繰返し発生する最大電圧値は、必要な測定の確認事項である。その他の内部特性及び数値は、測定してもよいが、その測定結果は、組合せシステムの受渡条件としてはならない。

図3～図6に、代表的な基本特性曲線例を示す。

5.4 情報の交換及び責任

JIS E 5008 及び JIS E 6102 は、組合せシステムが、これらの規格の要求事項を満足していることを確認するために、電動機の供給者と変換装置の供給者間との情報交換が必要であると規定している。さらに、この情報交換を記録した文書は、電動機の仕様書及び変換装置の仕様書に記載する不可欠な内容である。

製造業者は、組合せシステムの供給に技術上の責任をもつ組織であり（3.3 参照）、この規格の要求事項を満足させるために、組合せシステムに使用する各装置の技術仕様に対する責任をもつ。

6 試験の種類

6.0A 試験の区分

試験の区分は、表1による。

受渡試験は、各構成装置又は構成機器の製品規格によって行う。

使用者の特別な要求で仕様を想定し、かつ、受渡当事者間で協定が必要な事項は、附屬書Aによる。

表 1—試験一覧表

試験項目	形式試験	調査試験	JIS E 5008 及び JIS E 6102 と重複している可能性のある試験項目	該当箇条番号
温度上昇試験	○		○	7.3
並列接続した誘導電動機の場合の追加試験	適用できる場合			7.4
電動機の熱時トルク特性試験	○			7.5.1.2
電動機の冷時トルク特性試験	○			7.5.1.3
最大出力トルク試験（全速度域）	○			7.5.1.4
効率測定	任意		○	7.5.2
制御電源電圧の変動試験	○			7.6.1.1
主回路電源電圧の変動試験	○			7.6.1.2
主回路電源の中断試験	任意			7.6.1.3
主回路電源電圧の急変試験	任意			7.6.1.4
高調波電流測定	任意			7.6.2
誘導障害試験	任意		○	7.6.3
故障模擬試験		○		7.7.1
負荷急変試験		○		7.7.2
注記：表中の“任意”の形式試験は、すべて受渡当事者間で協定して行うことが望ましい。				

6.1 一般

試験は、次の3種類とする。

- a) 形式試験
- b) 調査試験
- c) 受渡試験

この規格は、主として形式試験を規定する。システムを構成する各機器の受渡試験は、それぞれの関係する規格によって行う。

6.2 形式試験

形式試験は、新規のシステムの定格、特性及び性能を検証するために行う。この形式試験は、新設計するごとに一組の組合せシステムに対して行う。

組合せシステムの形式試験を行った後に、構成する装置類の設計又は製造手順の変更がなされた場合は、その変更による組合せシステムへの影響を評価しなければならない。形式試験の再試験を行うか又はその試験の一部に限定して行うかは、受渡当事者間の協定による。

同一の冷却条件で同様の出力をもつ、同様の設計の組合せシステムについて、製造業者が、すべての試験項目を網羅した形式試験の報告書を作成した場合は、受渡当事者間の協定によって形式試験を省略することができる。

6.3 調査試験

調査試験は、電動機に電力を供給する変換装置、変換装置から電源供給を受ける電動機又は組合せシステムの制御装置のいずれかに関する追加情報を得るためのものであり、受渡当事者間で事前に協定した場合に限り行う。受渡当事者間で特定の協定がない場合は、この試験結果をシステムの受渡条件としてはならない。

7 試験

7.1 一般

組合せ試験は、組合せシステムの構成機器について、運用するときの実際のパラメータで行う。電動機のトルク、中間直流リンクの電圧（又は電流形変換装置では電流）、変換装置の出力電流、出力電圧などは、実際の運用時の電圧値及び電流値と同じとする。

製造業者は、試験の開始前に、使用者との契約上の要求事項に従って、この規格によって行う試験の概要及び受入れ判定基準を示す試験仕様書を提出する。試験完了後に、製造業者は、試験報告書を使用者に提出する。

7.2 試験条件

7.2.1 試験中の冷却

組合せシステムは、実際の運転中と同じように、車両の一部とみなせるダクト及びフィルタを付けた冷却方法又は同等の条件となる配置の冷却方法によって試験を行う。関係するパラメータ（風量、圧力、温度など。）を測定し、実際の車両で起こり得る冷却条件と同等の条件によって試験を行う。

車両の走行に依存した自然冷却システムの装置の場合には、該当する機器の冷却が必要な部分については、模擬的に冷却してもよい。

冷却の模擬については、受渡当事者間の協定事項による。

それぞれの構成部品についての冷却の詳細は、関係する規格による。

7.2.2 電力ケーブル

電力ケーブルは、仕様どおりの熱的条件及び電磁的条件について、実際の車両に取り付けられた状態と同等の条件となるように配置することが望ましい。電力ケーブルについても、車両で使用するケーブル類と同じものが望ましいが、同等の電力ケーブルを使用してもよい。使用者から要求がある場合は、製造業者は、これらのケーブル類及びその配置についてのすべての情報を提供する。

注記 部分的な最悪の条件を試験台で模擬するのであれば、ケーブルの配置は、車両内のケーブル配置と正確に同一である必要はない。ケーブルの特定の箇所が、最高温度となると予想される場合は、その部分は試験台上で模擬しなければならないが、その他の箇所のケーブル配置は、温度上昇に関する限り模擬しなくてもよい。

7.2.3 電源

電源は、車両の入力電源又は試験台で利用できる別の電源から給電してもよい。ただし、常に適切な電圧波形、周波数、システムのインダクタンス、キャパシタンス及び抵抗を考慮する。

7.2.4 機械的出力の測定

機械的出力は、電動機軸で直接又は間接に測定を行う。測定精度は、この規格の関連する項目の規定による。

受渡当事者間で協定した場合は、代案として、機械的出力を損失積算法で求めてもよく、又は二組の組合せシステムを利用できる場合は、返還負荷法で求めてもよい（図7に返還負荷法による試験についての試験台配置及び回路接続の例を示す。）。

注記 損失積算法は、次に示す損失の評価を含む。

- 交流入力から求める電動機（IEC/TR2 60349-3 に損失積算法が規定してある。この場合、測定の精度は、その規定による。）。
- 通常、入力測定から求める変換装置。
- 組合せシステムを動作させるのに必要なケーブル類並びに必要な応じて抵抗器、及びリア

クトル。

7.2.5 並列接続した誘導電動機の場合の特別な条件

1 台の変換装置から並列接続した複数の誘導電動機に電源を供給するときに、車輪径差が複数の電動機の中の数台の電動機負荷に最悪条件をもたらす可能性がある場合（ケース 1）及びすべての電動機の負荷が、車輪径差がない場合の負荷以内になるように、引張力を低減して制御装置を設計する場合（ケース 2）がある。すなわち、車輪径差の影響は、トルク特性、電動機の温度上昇又はこれらの両方に影響する。車輪径の最大許容差は、受渡当事者間で協定する。

特性試験及び温度上昇試験は、いかなる場合でも車輪径差がない条件で行う。

電動機群のうち、一部の電動機が最悪の負荷条件となるように制御装置が設計されている場合は（ケース 1）、電動機群の追加温度上昇試験を行う。又は、すべての電動機が引張力を低減して、ある負荷より低く維持できるように、制御装置が設計されている場合は（ケース 2）、追加のトルク特性を計算で求めるか又は受渡当事者間で協定して複数の電動機を接続した試験で求めてもよい。

7.3 温度上昇試験

7.3.1 一般

試験は、受渡当事者間で協定した該当するシステムの定格点で行う。

注記 電動機を並列接続して運転する場合は、7.2.5 による追加試験が必要な場合がある。

連続定格試験の場合は、安定した温度に到達する時間を短縮するために、システム構成機器のいずれかについて、負荷を増加するか又は冷却風量を低減して試験を開始してもよい。ただし、その後、定格条件を少なくとも 2 時間以上は維持するか又は安定した温度に到達していることを、適切な方法によって証明しなければならない。

繰返し負荷の定格試験の場合は、計算で求めた等価定格で試験を開始し、安定した温度に到達する時間を短縮した後に、繰返しサイクルを継続して、試験を行ってもよい。

5.4 に、組合せシステムについての製造業者及び供給者の技術的責任の規定がある。一般的には、変換装置、電動機などのシステムを構成する各機器は、既に個別の製品の温度上昇試験に合格しているとみなされる。組合せ試験中の温度上昇は、構成機器のそれぞれの規格で規定した温度上昇限度を超えていないように設計している。

したがって、個別の製品の供給者は、組合せ試験中に個別の製品の温度上昇試験を個別の規格によって行う必要はない。

7.3.2 温度測定

組合せシステムの温度測定の部位は、個々の関連する規格による。

7.4 並列接続した誘導電動機の場合の追加試験

並列接続した誘導電動機の場合の追加試験は、次によるが、追加試験の条件は、受渡当事者間の協定による。

7.4.1 1 台の電動機による温度上昇試験

この試験は、7.2.5 に規定している、ケース 1 の場合に行う。

この試験は、ほかに規定がない場合、1 台の電動機だけが車輪径差が最大となる車輪を駆動する場合について適用する。すべりが、車輪径差による負荷の最悪条件に対応するように、制御特性を変更する。図 8 に車輪径差が、トルク特性及びすべりに影響する傾向を示す。

対応するすべり s' は、次の式によって算出する。

$$s' = s \pm (\angle D/D)[(n-1)/n]$$

(+は力行時、-はブレーキ時)

ここに、
 s' : 車輪径差による負荷の最悪条件に対するすべり
 s : 特性試験中に測定したすべり (電動機は高温状態、
 7.5.1.2 参照)
 n : 並列接続の電動機数
 $\angle D/D$: 標準車輪径 (新製時) に対して許容されている
 最大車輪径差

連続定格及び1時間定格で設計され、機関車のようにブレーキ頻度が低い場合、連続定格に対する温度上昇試験では、車輪径を最大とし、最悪の負荷条件を考慮する。

主として、都市鉄道車両のように、ブレーキ頻度が高い場合、最高温度条件に到達するように規定のデューティサイクルによって、温度上昇試験を行う。

この場合、車輪径の大きい電動機は、力行時に負荷が重くなり、ブレーキ時には負荷が軽くなることに注意する。

7.4.2 複数の電動機による温度上昇試験

並列接続した規定の台数の電動機は、1台のインバータから給電される。ほかに規定がない場合、1台だけには、車輪径が最大許容差としたものに対応する速度となるように負荷をかけ、それ以外の電動機には、同一速度となるように負荷をかける。

注記 この試験は、極めて特殊、かつ、高価な試験設備を必要とするので、受渡当事者間で協定して計算で代用することができる。

7.5 特性試験及び許容値

7.5.1 トルク特性

7.5.1.1 一般

規定のトルク特性を満足していることを証明する試験は、電動機群を規定の速度及び標準入力電圧で回転させて行う。規定のトルク指令を制御ユニットに与えて、組合せシステムの特性を測定する。電動機の出カトルク、並びに変換装置入力側の電圧、電流及び容量を測定する。

トルク特性は、力行及び電気ブレーキの全速度範囲にわたって、少なくとも、制御装置が要求する最大トルク指令まで測定する。ただし、受渡当事者間で協定した場合には、指定の速度範囲における最大トルク指令の 1/4、1/2 及び 3/4 で行ってもよい。

注記 並列接続の電動機群は、7.4 による追加試験が必要な場合がある。

計測機器の許容誤差は、次による。

- a) 所定の速度における最大機械トルクについては、 $\pm 2\%$
- b) 直流電圧、電流及び容量の平均値については、 $\pm 1\%$
- c) 交流値については、 $\pm 2\%$

特に、誘導電動機駆動の場合、温度は重要なパラメータであり、出力トルクに影響する。

組合せシステムで測定したトルク特性は、この規格の試験方法を満足している場合には、受渡当事者間で協定した電動機の電氣的パラメータ値 (磁束及び電流) 及び JIS E 6102 による試験で得た結果と同一でなくてもよい。

7.5.1.2 電動機の熱時トルク特性試験

トルク特性は、7.3 による温度上昇試験の終了時点で測定する。この終了時点では、誘導電動機のかご形ロータが最高温度上昇となり、また、同期電動機の固定子巻線が最高温度上昇となるので、その温度における組合せシステムの特性を得ることができる。測定は、迅速に行い、かつ、その試験台で得られる最低の速度 [図 3 a), 図 3 b), 図 5 a) 及び図 6 a) の測定点 1] から開始するが、特性が正確に作図できる最低の測定点数でよい。図 3, 図 5 及び図 6 に必要な最小測定点数の例を示す。

なお、仕様上の特性で、最大トルクに対応する速度から、最高速度の 90 % までの速度範囲において、どの速度点においても、実測トルクは、規定トルク値の 95 % 以下であってはならない。

7.5.1.3 電動機の冷時トルク特性試験

電動機は、冷時に、JIS E 6102 の A.1 によって、電動機が熱時に、既に測定したときと同じ最低速度でトルクを測定する [図 3 a), 図 3 b), 図 5 a) 及び図 6 a) の測定点 1]。

測定は、迅速に行い、かつ、試験の終了時点で温度を測定し、温度が大幅に変化していないことを確認する。トルクは、規定値の 95 % 以下であってはならない。

7.5.1.4 最大出力トルク試験 (全速度域)

トルク特性の試験は、力行及びブレーキ (電気ブレーキ装備の場合) について全速度範囲にわたり、トルク指令を最大として、速度を順次上昇及び下降させて行う。このとき、システムを停止させる異常遮断を発生してはならない。速度の変化率は、それぞれの用途及び設備について適切でなければならない。

7.5.2 効率測定 (任意の形式試験)

損失測定が要求される場合は、7.3 の温度上昇試験の終了時に行う。この損失は、入力側の測定及び機械的出力の測定から求める。通常、測定点は数点でよい。

計測機器の許容誤差は、次の値を標準とする。

- a) 入力側測定器については、 ± 1.0 %
- b) 所定の速度における最大トルク指令については、 -0.5 %
- c) 速度測定装置については、 ± 0.1 %

受渡当事者間で協定して、この規格で規定する限度値より大きい許容誤差とすることができる。使用する許容誤差は、変更した結果から生じる効率の許容誤差を含めて、効率特性として示さなければならない。

損失積算法及び 7.2.4 で規定した返還負荷法を、受渡当事者間で協定して使用してもよい。

注記 高効率の装置の場合は、高精度の測定システムを使用することが望ましい。

7.6 その他の試験

7.6.1 保護システムの試験

7.6.1.1 制御電源電圧の変動試験

組合せシステムは、仕様範囲内のいかなる電源電圧変動に対しても、システムの遮断の発生又は故障の表示を発生することなく、動作しなければならない。制御電源の供給が中断した場合でも、組合せシステムは、故障又は誤動作せずに、変換装置がオフ状態とならなければならない。制御電源の供給が、再開すると、正常な順序によって再起動することができなければならない。

制御電源は、主電動機駆動の主回路の入力電源とは別電源で、独立していることが望ましい。

7.6.1.2 主回路電源電圧の変動試験

組合せシステムについて、仕様で定められた動作範囲の最高電圧から最低電圧まで、電源電圧を変化させて、制御システムが正常に動作していること及び組合せシステムの出力が、受渡当事者間で協定した特性曲線に従って制御され、制限されていることを確認する。図 9 に組合せシステム電源の動作範囲の例を

示す。

7.6.1.3 主回路電源の中断試験（任意の形式試験）

この試験は、接触器 2 台を順番に動作させて、規定の短時間だけ、主回路電源の供給を遮断して行う。

図 10 に試験回路の一例を示す。

7.6.1.4 主回路電源電圧の急変試験（任意の形式試験）

この試験は、図 11 に示す回路構成例のように、抵抗器に並列に接続した接触器 1 台を使って行う。

試験は、力行及び電気ブレーキの両方に対して行う。

7.6.2 高調波電流測定（任意の形式試験）

変換装置は、鉄道信号システム、電力供給システム並びにその他の地上設備及び車載電気品に障害を与える可能性がある。これは、変換装置の電源側に発生する高調波が原因であり、変換装置入力側の高調波電流を異なるインバータ出力周波数において測定する。

使用者は、組合せシステムの入力電流の許容高調波電流（周波数、電流値及び持続時間）を規定する。

測定結果は、インバータの総数、入力フィルタ回路などを考慮し、車両からの高調波障害レベル全体の計算に使用してもよい。

注記 1 測定は、高精度の電流センサ及び周波数解析装置を使用する。

注記 2 供給電源に存在する高調波は、全高調波成分を測定するときに考慮することが望ましい。

7.6.3 誘導障害試験（任意の形式試験）

この試験は、JIS E 5008 の 4.5.3.20 [電磁両立性 (EMC) の試験（受渡当事者間の協定による形式試験）] によって行う。

7.7 調査試験

これらの試験は、受渡当事者間の協定による。

7.7.1 故障模擬試験

フィードバック信号の異常などについての試験を行う。

7.7.2 負荷急変試験

空転条件などについての試験を行う。

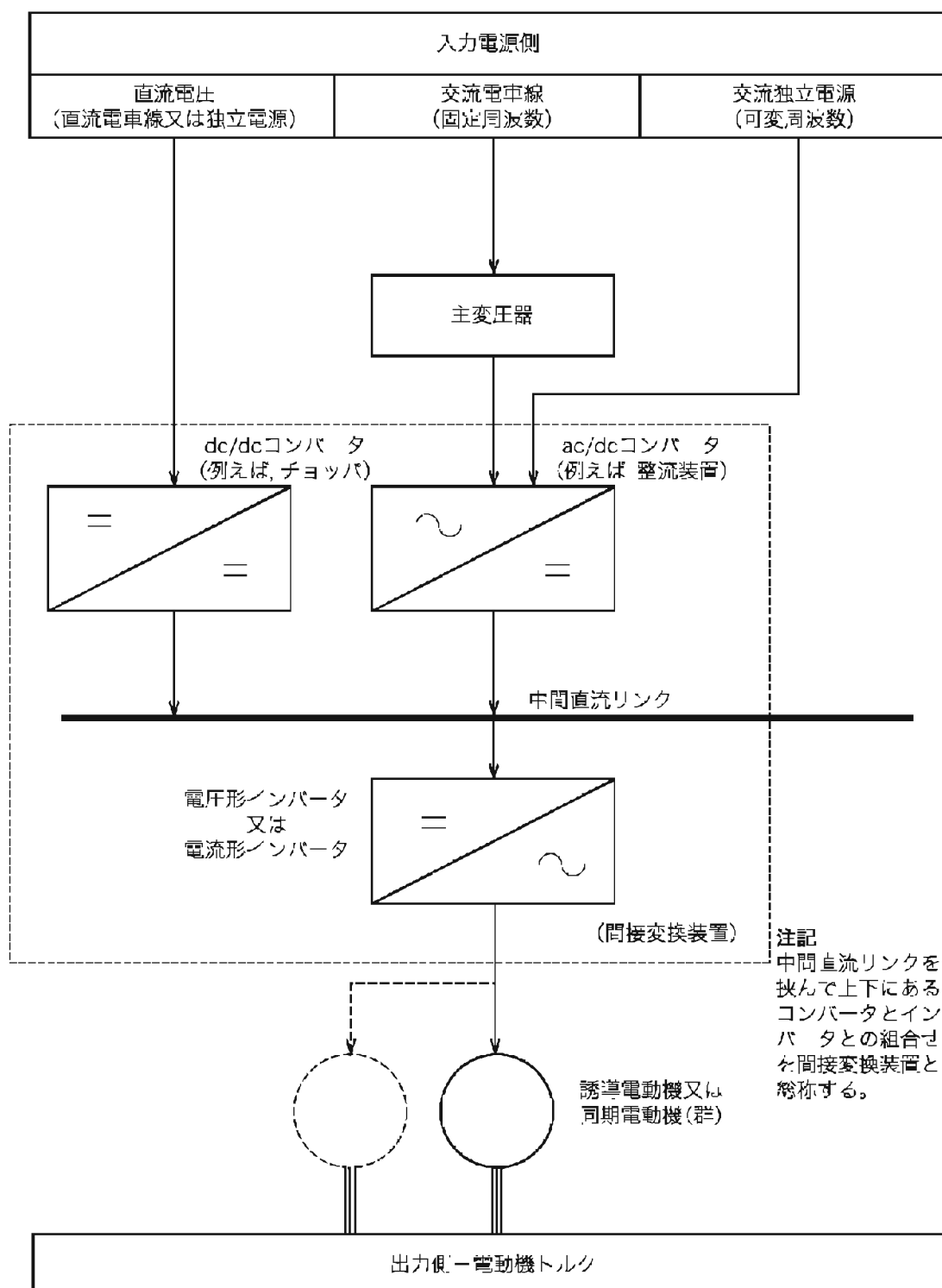
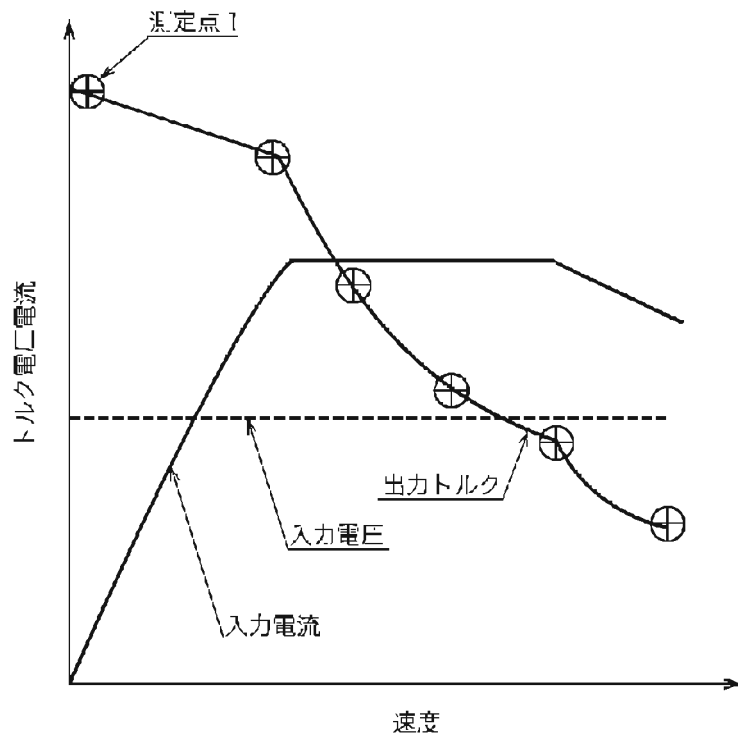
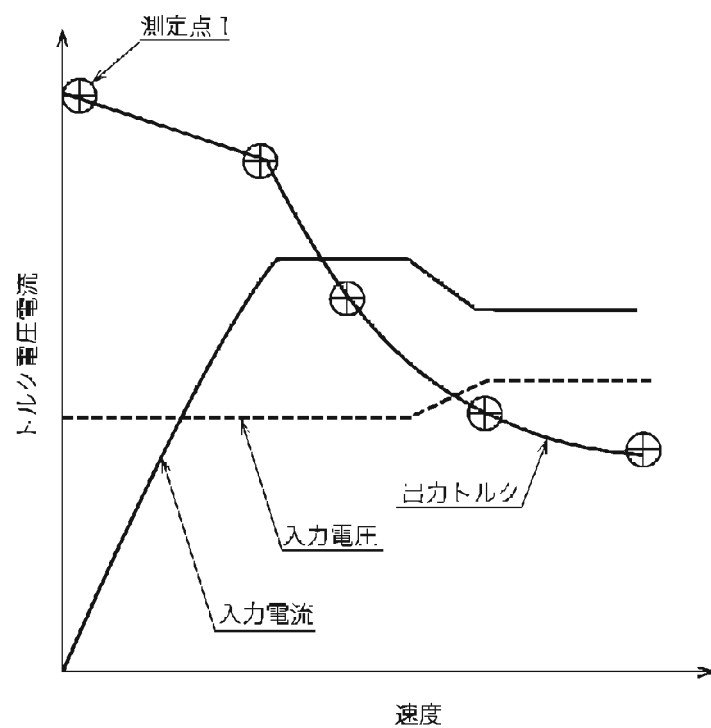


図 2—主電動機駆動システム

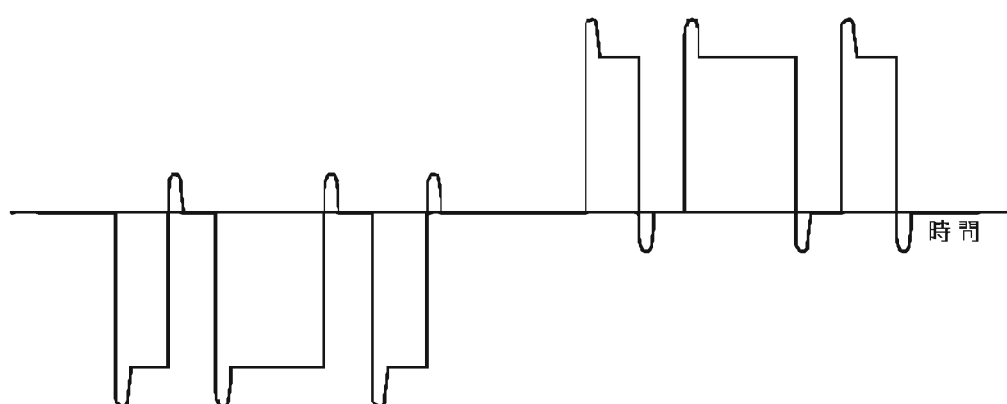


a) 電圧形インバータ及び誘導電動機の組合せシステムの特性 (例 1)

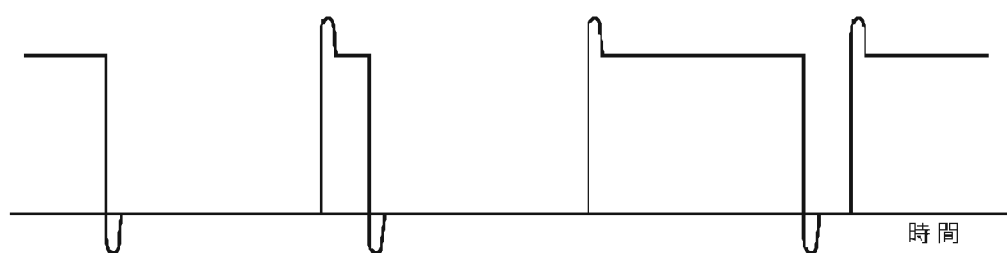


b) 電圧形インバータ及び誘導電動機の組合せシステムの特性 (例 2)

図3—電圧形インバータ及び誘導電動機の組合せシステムの基本特性

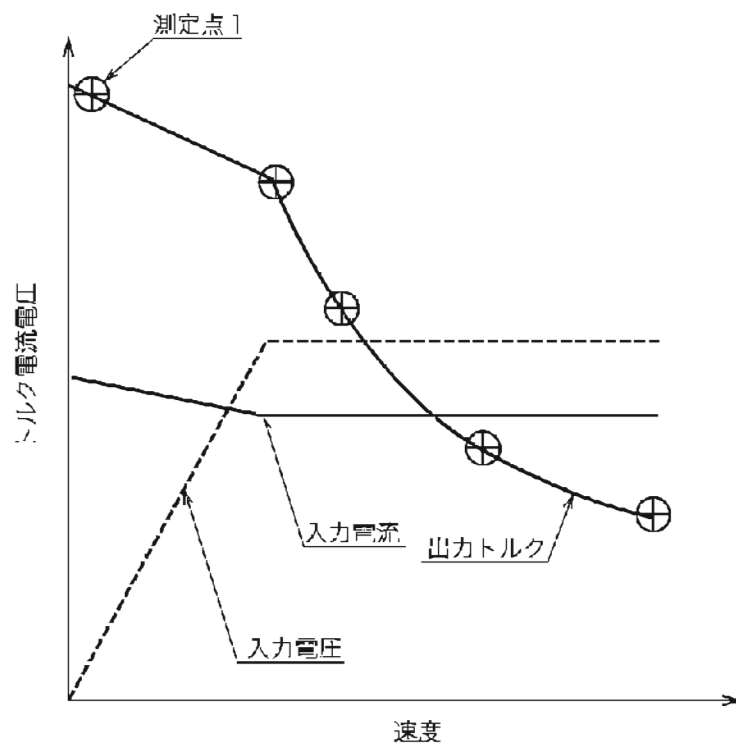


a) 線間電圧の基本波形例

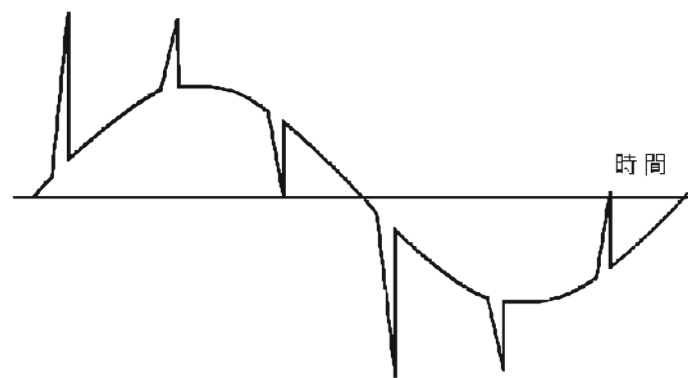


b) 対地電圧の基本波形例

図 4—電圧形インバータ及び誘導電動機の組合せシステムの基本電圧波形



a) 電流形インバータ及び誘導電動機の組合せシステムの特徴

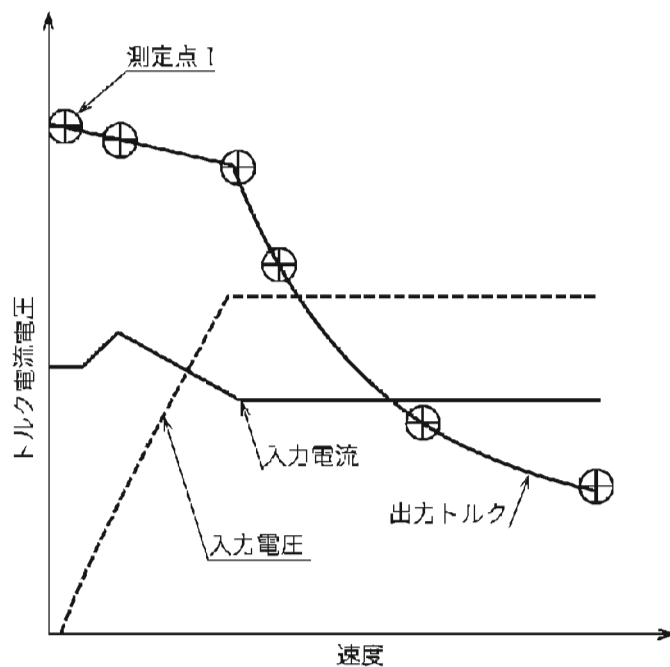


b) 線間電圧の基本波形例

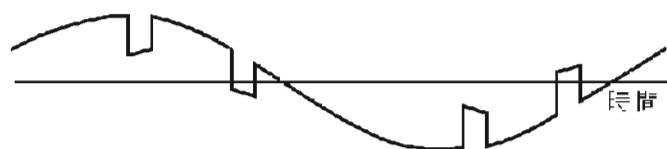


c) 対地電圧の基本波形例

図5—電流形インバータ及び誘導電動機の組合せシステムの基本特性及び電圧波形



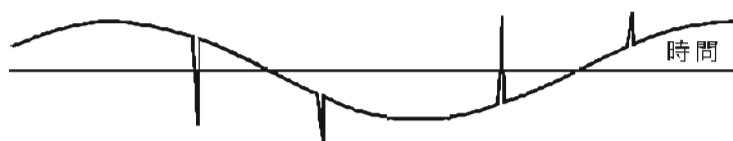
a) 電流形インバータ及び同期電動機の組合せシステムの特性



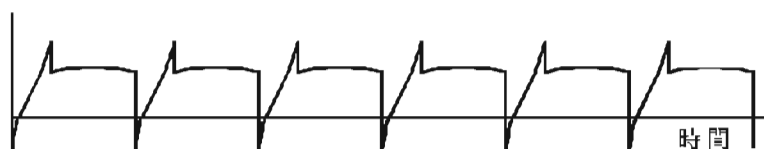
b) 負荷転流の場合の線間電圧波形例



c) 負荷転流の場合の対地電圧波形例



d) 自励転流の場合の線間電圧波形例



e) 自励転流の場合の対地電圧波形例

図 6—電流形インバータ及び同期電動機の組合せシステムの基本特性及び電圧波形

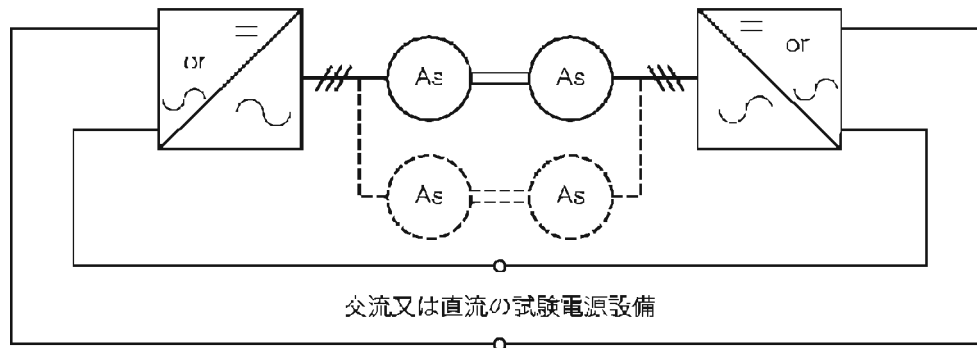


図7—誘導電動機と組合せシステムとの返還負荷試験法の試験台配置及び回路接続の例

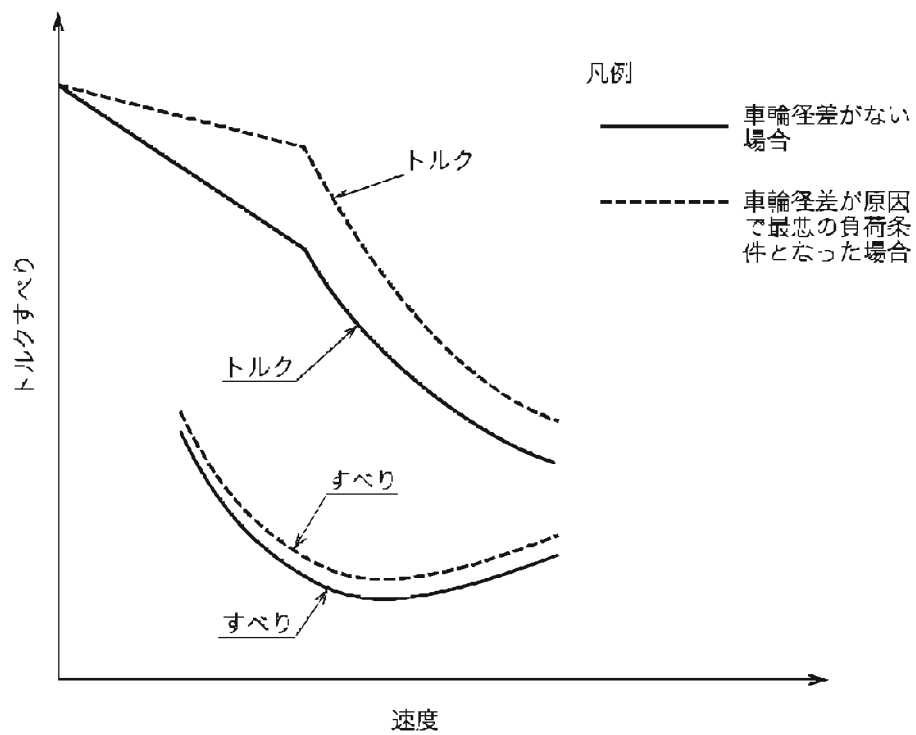


図8—車輪径差が誘導電動機のトルク特性に影響する傾向

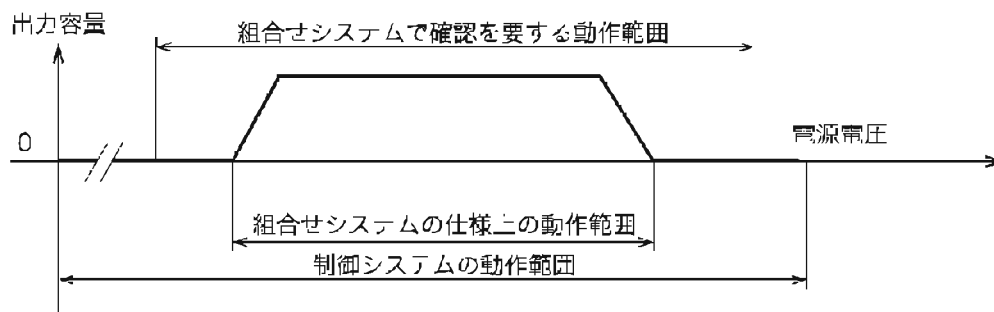


図 9—組合せシステムの動作範囲の例

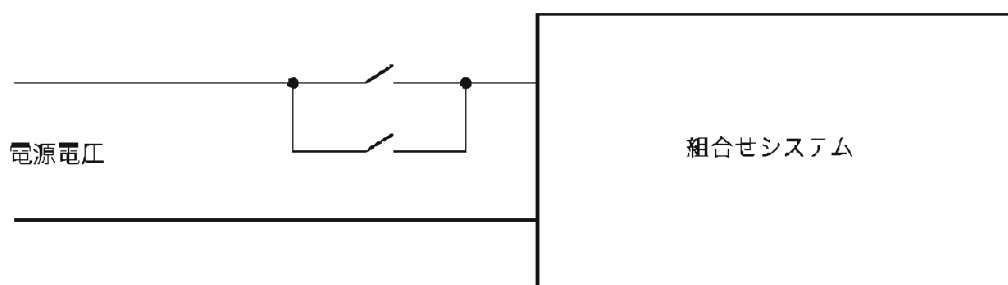


図 10—主回路電源の中断試験の回路例

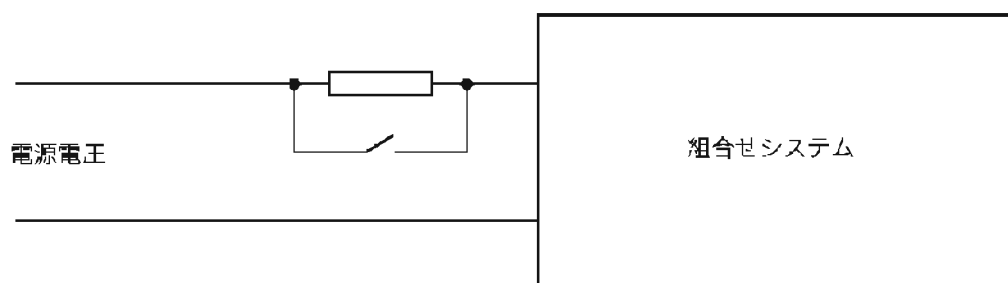


図 11—主回路電源の電圧急変試験の回路例

附属書 A (規定) 受渡当事者間で協定が必要な事項

序文

この附属書は、受渡当事者間で協定が必要な事項について規定する。

A.1 必要協定事項

使用者の特別な要求で仕様を規定し、かつ、製造業者と協定が必要な事項は、次による。

該当箇条番号	内容
1	組合せシステム
1	試験の重複
1	試験は、工場又は搭載した車両のいずれで実施するか決定
5.1	電車線電圧の変動範囲を示す特性図面
6.2	形式試験が必要でないか、又は再試験を実施しないでもよい場合
6.3	調査試験
7.2.1	冷却の模擬
7.2.4	損失積算法又は返還負荷法による機械的出力の測定
7.2.5	車輪径の最大許容差
7.2.5	並列接続した誘導電動機を使用する場合の追加トルク特性
7.3.1	温度上昇試験
7.4	並列接続した誘導電動機の場合の追加試験
7.5.1.1	作図すべきトルク特性曲線の数
7.5.2	効率測定のときの、許容誤差及び試験法
7.6.1.2	主電動機駆動の主回路電圧の変動範囲
7.7	調査試験

表 1 協定して行う任意の形式試験の試験項目

参考文献 IEC/TR2 60349-3:1995, Electric traction—Rotating electrical machines for rail and road vehicles—Part 3: Determination of the total losses of convertor-fed alternating current motors by summation of the component losses

附属書 JA

(参考)

JIS に対応する国際規格との対比表

JIS E 5011-2:2009 鉄道車両—電力変換装置及び交流電動機の組合せ試験—第 2 部：コンバータ・インバータ方式（中間直流リンクあり）					IEC 61377-3:2002, Railway applications—Rolling stock—Part 3: Combined testing of alternating current motors, fed by an indirect convertor, and their control system		
(Ⅰ)JIS の規定		(Ⅱ) 国際規格 番号	(Ⅲ)国際規格の規定		(Ⅳ)JIS と国際規格との技術的差異の箇条 ごとの評価及びその内容		(Ⅴ)JIS と国際規格との技術的差 異の理由及び今後の対策
箇条番号 及び名称	内容		箇条番号	内容	箇条ごと の評価	技術的差異の内容	
Ⅰ 適用範 囲	工場内試験及び本 線試験		1	JIS にほぼ同じ	追加	インバータ，“直接変換装置”及 び“間接変換装置”の関係を分 かりやすくするために注記を追 加した。	次回 IEC 規格改正時に提案する。
	電動機及びインバ ータの組合せ		1	JIS にほぼ同じ	追加	試験の分割実施は、IEC 61377-3 では規定されていないが、IEC 61377-1 に新たに規定されたの で、実状に合わせて追加した。 IEC 規格にはないが、日本で実 用化された“電圧形インバータ から給電される同期電動機”組 合せ方式を追加した。	次回 IEC 規格改正時に提案する。 次回 IEC 規格改正時に提案する。
3 用語及 び定義	3.3 製造業者又は 主契約者		3.3	—	追加	日本の契約の実状による注記を 追加した。	日本の実状に合わせた。
	3.4 供給者又は請 負業者		3.4	—	追加	日本の契約の実状を追加した。	日本の実状に合わせた。
	3.7 車両のデュー ティサイクル・負荷 パターン		3.7	JIS にほぼ同じ	変更	分かりやすくするために、JIS E 5011-1 の記述に合わせた。	次回 IEC 規格改正時に提案する。
	3.8 欠番		3.8	—			
	3.11 連続定格		3.11	JIS にほぼ同じ	追加	日本で適用されているシステム を追加した。	日本の実状に合わせた。
	3.12 短時間定格(例 えば、1 時間定格)		3.12	JIS にほぼ同じ	追加	1 時間定格の注記を追加した。	理解を容易にした。

(Ⅰ)JIS の規定		(Ⅱ) 国際規格 番号	(Ⅲ)国際規格の規定		(Ⅳ)JIS と国際規格との技術的差異の箇条 ごとの評価及びその内容		(Ⅴ)JIS と国際規格との技術的差 異の理由及び今後の対策
箇条番号 及び名称	内容		箇条番号	内容	箇条ごとの 評価	技術的差異の内容	
5 組合せ システム の特性	5.1 規定特性		5.1	JIS にほぼ同じ	変更	日本で適用している方法に変更した。	技術的差異はない。
	5.2 実測特性		5.2	JIS にほぼ同じ	追加	日本の実状に合わせて注記を追加した。	
	5.3 組合せシステム の特性		5.3	JIS にほぼ同じ	追加	IEC 規格の注記以降の本文は、 補足的内容であり、注記 1～注 記 4 として整理した。	
6 試験の 種類	6.0A 試験の区分		—	—	追加	IEC 規格にはなかった表 1 の説 明を追加し、表 1 を移動した。	次回 IEC 規格改正時に提案する。
7 試験	7.1 一般		7.1	JIS にほぼ同じ	追加	JIS E 5011-1 と規定内容の整合 化を図った。	次回 IEC 規格改正時に提案する。
	7.2.4 機械的出力 の測定		7.2.4	JIS にほぼ同じ	追加	図 7 の説明文を追加した。	次回 IEC 規格改正時に提案する。
	7.4.2 複数の電動 機による温度上昇 試験		7.4.2	—	追加	JIS E 5011-1 と規定内容の整合 化を図った。	次回 IEC 規格改正時に提案する。
	7.5.1.1 一般		7.5.1.1	—	追加	“標準入力電圧の条件”を追加 した。	次回 IEC 規格改正時に提案する。
	7.6.1.1 制御電源電 圧の変動試験		7.6.1.1	JIS にほぼ同じ	追加	JIS E 5011-1 と規定内容の整合 化を図った。	次回 IEC 規格改正時に提案する。
	表 1 試験一覧表				追加	JIS E 5011-1 との整合化を図り、 注記を追加した。	次回 IEC 規格改正時に提案する。

JIS と国際規格との対応の程度の全体評価：IEC 61377-3 : 2002, MOD

注記 1 箇条ごとの評価欄の用語の意味は、次による。

- 追加…………… 国際規格にない規定項目又は規定内容を追加している。
- 変更…………… 国際規格の規定内容を変更している。

注記 2 JIS と国際規格との対応の程度の全体評価欄の記号の意味は、次による。

- MOD…………… 国際規格を修正している。