日立ポータブル発電機

Hitachi Portable Generator

梶 原 達 郎* 三 島 宣 雄*
Taturô Kajiwara Nobuo Mishima

要旨

今回,小形軽量化,取扱いの容易さそのほか需要家の要望を取り入れ,3回目のモデルチェンジを行なった。本稿では日立ポータブル発電機の構造,性能上の特長について紹介する。

1. 緒 言

ポータブル発電機は発電設備一式をユニットにまとめたものである。定置式発電機と比較し小形軽量であり、運転操作が簡単である、 安価であるなどの多くの利点がありビルディング、ポンプ所、工場、 病院などのあらゆる施設に停電時の非常用電源として、また一方、 移動式の工事用電源として広く使用されている。

日立製作所では今回,従来の機種を全面的に改良し,小形で取扱いが容易で,性能の良いポータブル発電機の新標準シリーズを完成した。

本稿では新形機の構造,性能上の特長について述べるとともに,ポータブル発電機の使用計画上,必要な負荷変動時の電圧変動特性,単相負荷時の熱特性,振動・騒音ならびに電圧波形の試験結果を報告する。また,特に需要家の強い要望でもあり,新形機の大きな特長でもある 100 V 単相電源設置についてもあわせて紹介する。

2. ポータブル発電機の要目

新形ポータブル発電機の要目を表1に、寸法・重量および騒音を表2に示す。

3. ポータブル発電機の構造

新形ポータブル発電機の外観および構造の一例を図1および図2に示す。ポータブル発電機は発電機,ディーゼル機関,制御装置および付属装置の4部分で構成されている。セット全体の小形軽量化を図るため,各構成部分の小形化を行なうと同時に,発電機の片軸受方式を採用し,デッドスペースを利用したバッテリー,燃料タンク,電装品の合理的配置などを行ない,DE-50でセット床面積を従来の約97%に,セット重量を従来の約94%に低減できた。

3.1 発 電 機

小形軽量化, 部品の共通化および構造の簡素化の点より全面的な

| | 項 | 日 | DE-10 | DE-20 | DE-30 | DE-40 | DE-50 | DE-60 | DE-80 | DE-100 | DE-120 | | | |
|------|--------------------|-------|--------------------------|-------------------|-------------|---------|-------------------------|--------------|---------|-----------|-------------------|--|--|--|
| | | (kVA) | 16/20 | 25/31 | 35/40 | 50/62.5 | 60/70 | 80/100 | 100/115 | 125/150 | 150/180 | | | |
| 発 | 出力 | (kW) | 12.8/16 | 20/24.8 | 28/32 | 40/50 | 48/56 | 64/80 | 80/92 | 100/120 | 120/144 | | | |
| | 電 圧 | (V) | | 200/220 | | | | | | | | | | |
| ri). | 周 波 数 | (Hz) | | | | | 50/60 | | | | | | | |
| C | 回転速度 | (rpm) | | 1,500/1,800 | | | | | | | | | | |
| | 極数 | | | 4 | | | | | | | | | | |
| 幾 | 力率 | (%) | | 80 | | | | | | | | | | |
| | 単相 100/ 110V 電源 | (kW) | | 0.5 | | 1.5 | | | | | | | | |
| 制 | 御 盤 | | | 一体組込形 (静止励磁装置付) | | | | | | | | | | |
| | 連続定格出力 | (PS) | 21/26 | 33/39 | 44. 5/54. 5 | 75.5 | /90 | 121, | /139 | 160/180 | 204/244 | | | |
| | lde BB W/ D | | 4 サ イ ク ル 水 冷 式 2サイクル水冷式 | | | | | | | | | | | |
| デ | 機関形式 | | | | 直 | 形 | | Į į | | | | | | |
| 1 | 燃 焼 室 形 式 | | 予熱渦 | 流室式 | | 予 熱 | 焼 | | 直接噴射式 | | | | | |
| | 気 筒 数 | | 4 | | | | 6 | | | 8 | | | | |
| 1 | 気 筒 径×行 程 | (mm) | 83> | <100 | 90×113 | 105> | ×135 | 120> | (150 | 110 |)×130 | | | |
| ゼ | 総 排 気 量 | (1) | 2.162 | 3. 246 | 4.313 | 7. | 014 | 10. | 178 | 7.412 | 9.882 | | | |
| n | 圧 縮 比 | | 22 | :1 | 20.7:1 | 17.5:1 | | | 17:1 | | :1 | | | |
| , • | 燃料消費 | (l/h) | 4.79/6.14 | 7.66/9.76 | 10.1/11.7 | 17.2 | 17. 2/21. 1 28. 1/33. 4 | | /33.4 | 36.2/44.4 | 41.4/51.2 | | | |
| 幾 | 始動電動機 | (PS) | 2 | 3 | 5 | | 7 | 10 | | 7 | 8 | | | |
| 関 | 充 電 発 電 機 | (W) | 3 | 300 350 | | 350 | 350 500 | | | 400 | | | | |
| | バッテリ | | DC12V 100AH×1個 | DC12V 120AH×1個 | | | 20AH×2個 | DC12V 150AH> | | 2個 | DC12V 200AH×2個 | | | |
| | 燃料タンク容量 | (1) | 30 | 4 | 40 | | 90 150 | | | 180 | 220 | | | |
| 特 | 速度変動率 | (%) | 整定4% | %以下 | = 5 | 整 | 定 5% 以 7 | \$ | | 整定 | 4%以下 | | | |
| 性 | 電 圧 変 動 率 | (%) | | | | 整 | 连 定 ±3% | | | | | | | |

^{*} 日立製作所日立工場

| | | | | WI-W | 表 2 | ペータブ | ル発電機 | の寸法 | • 重量お | よび騒音 | Ž | | | | |
|-------|----|---|------|-------|----------|-------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 5 | 項 | | | 目 | DE-10 | DE-20 | DE-30 | DE-40 | DE-50 | DE-60 | DE-80 | DE-100 | DE-120 | | |
| 標 | 寸 | | | Н | 1,000 | 1,000 | 1, 150 | 1,400 | 1,400 | 1,400 | 1,450 | 1,490 | 1,700 | | |
| 伝 | | 法 | (mm) | L | 1,750 | 2,000 | 2, 150 | 2, 350 | 2,350 | 2,650 | 2,750 | 3,090 | 3,300 | | |
| 準 | | | | W | 750 | 750 | 700 | 1,050 | 1,050 | 1,050 | 1, 200 | 1, 200 | 1,250 | | |
| 形 | 重量 | | (kg) | (kg) | (kg) 850 | 1,030 | 1,210 | 1,920 | 1,970 | 2, 260 | 2, 620 | 3, 200 | 3,860 | | |
| | 騒 | 音 | (dB: | Aレンジ) | 90 | 95 | 95 | 100 | 100 | 105 | 105 | 105 | 105 | | |
| /trC. | | 法 | | | | Н | 1,400 | 1,400 | | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,100 | 2, 100 | 2,300 |
| 低騒 | 4 | | 法 | 法 | (mm) | L | 2,300 | 2,650 | | 3,000 | 3,000 | 3,300 | 3,400 | 3,600 | 3,900 |
| 音 | | | | W | 1,450 | 1,450 | : | 1,800 | 1,800 | 1,800 | 1,900 | 1,900 | 2,050 | | |
| 形 | 重 | 量 | | (kg) | 2,000 | 2, 200 | | 4,000 | 4,050 | 4,300 | 4,700 | 5, 200 | 6,000 | | |
| ,, | 騒 | 音 | (dB: | Aレンジ) | 70 | 70 | | 75 | 75 | 75 | 75 | 80 | 80 | | |

注:1. 寸法記号 H, L, W は図2ポータブル発電機構造図参照

2. 騒音はセットより 1 m 離れた所の概略値を示す。

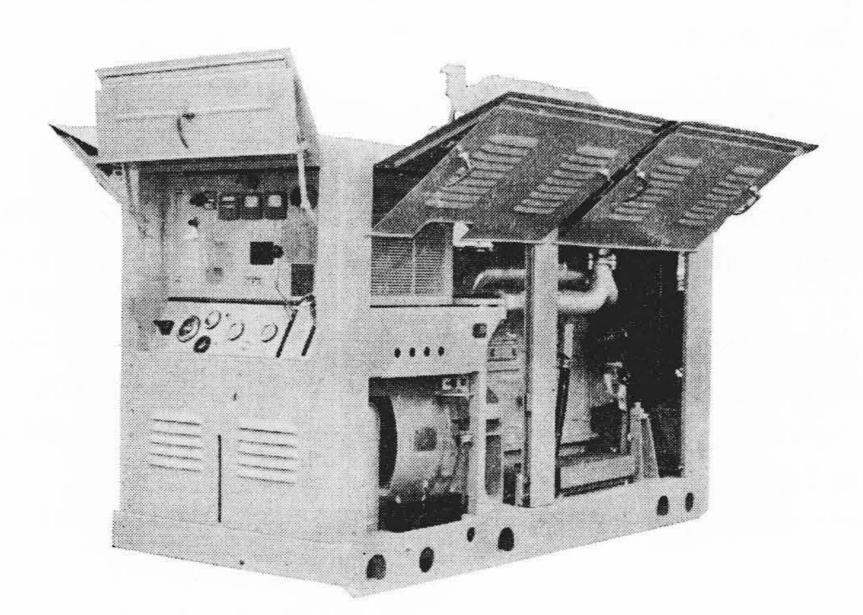
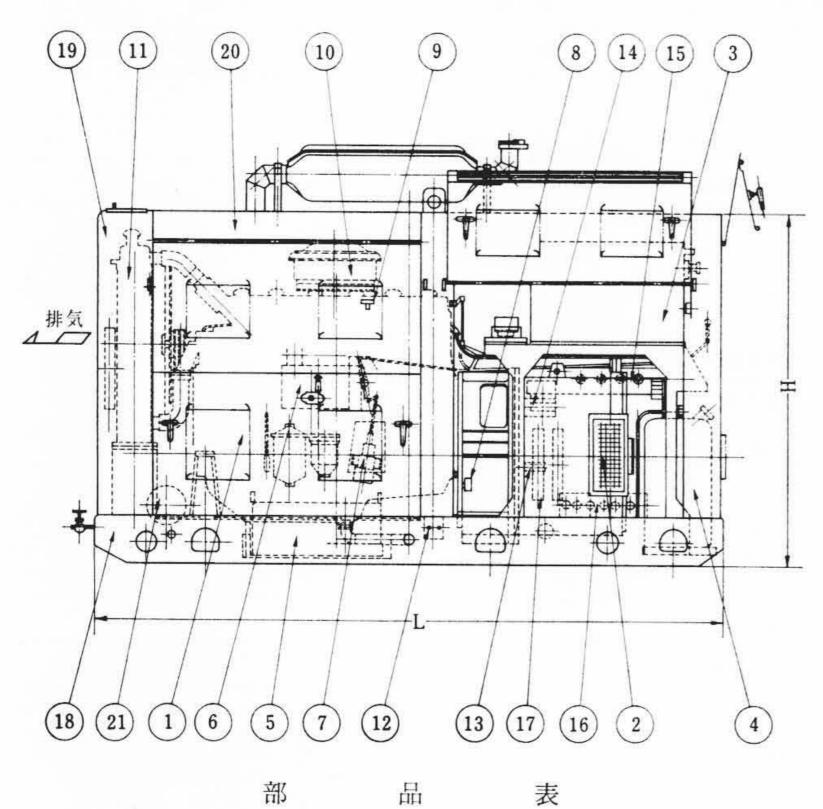


図1 ポータブル発電機(DE-50)



② 発 ③ 制 ④ 燃料タンク ⑤ バッテリー

⑧ 油圧スイッチ

⑨ 水温スイッチ ⑩ エァクリーナ ① ラジェータ 12 バッテリスイッチ 13 バッテリー充電用端 ⑥燃料噴射ポンプ 子板 ⑦ 停止ソレイト ⑭ 電灯回路用スイッチ

⑤ 出力端子板

⑥ 負荷側電線クランプ ⑰ 中継端子板 18 スキットベース

19 マ ス ② ボンネットカバー ②1 ウォータヒータタン

18 17 $\frac{(1)}{13}$ 16 $\frac{1}{12}$ $\frac{(1)}{6}$ $\frac{1}{5}$

盤 (1)

④ 電 流 13 油 ⑤ 予 熱 表 示 灯 ⑥ 起動スイッチ ⑦ 水温計⑧ 停 止 ラ ン プ

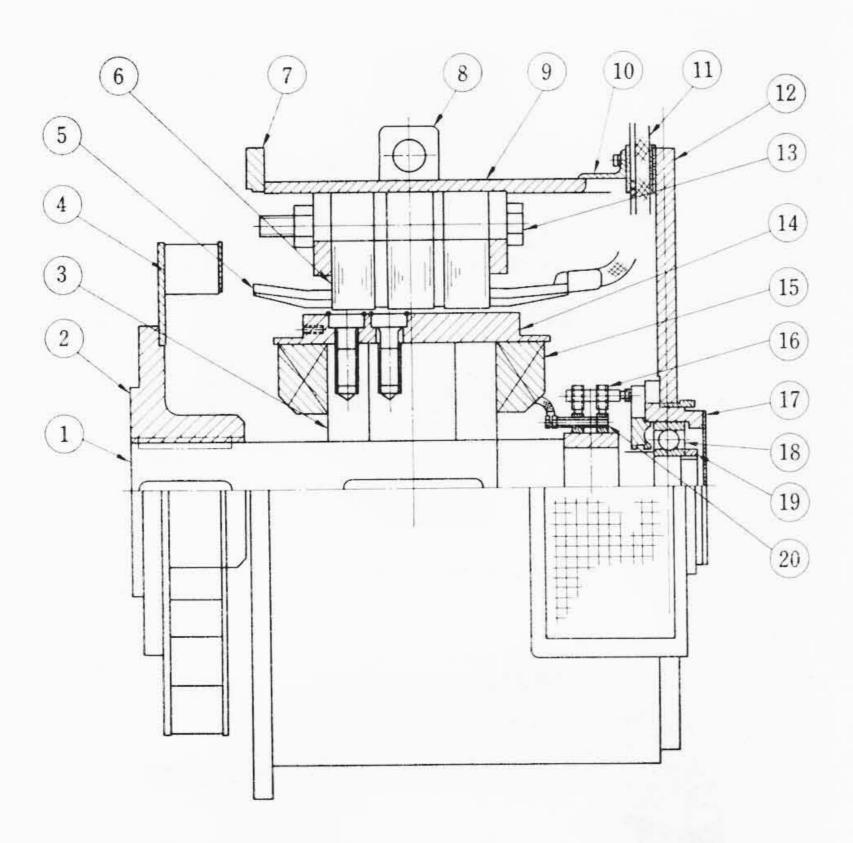
圧

制 御 盤 (2)

④ 交 流 電 圧 計 ⑤ 盤 照 ⑥ 周 波 ⑦ 交流電流計切換開閉器 ⑧ 押しボタンスイッチ ⑨ 引ボタンスイッチ

図 2 ポータブル発電機構造図 (DE-50)

9 油



| 品番 | 品 | 名 | 材 | 料 | 品番 | 品 | | 名 | 材 | 質 |
|-------------|-------|------|-----|------|------|------|------------|-----|-------|-----------|
| 1 | シャ | フト | SR | 45h | (1) | IJ — | ۴ | 線 | CU | |
| 2 | カップ | リング | SR | 45h | (12) | エンドフ | ブラケ・ | 7 1 | SSS | 34 |
| (3) | 磁極および | ドヨーク | SM | 41A | (13) | 固定子鉄 | 心締付は | ミルト | SSA | 1 |
| (4) | ファ | ン | SS | 41 | (14) | 磁 | 極 | 片 | SM4 | 1A |
| (5) | 電 機 子 | コイル | PE | W | (15) | 界 磁 | 2 1 | N | DG | C |
| (6) | 固定子 | ·鉄心 | けいま | 素鋼板 | (16) | 刷子保持 | 器および | バ刷子 | BCお | |
| (7) | フ ラ | ンジ | SS | 34 | (17) | ベアリン | | A | BSS | .黒鉛 84 |
| 8 | 9 b | 金 具 | SS | 34 | (18) | ベア | 1) 2 | 17 | 63120 | |
| (9) | 固定子 | ・わく | STI | PY41 | (19) | ベアリン | グ締付 | 金具 | SSA | |
| (10) | リード線 | しささえ | SS | 41 | (20) | スリッ | 3120 14 12 | ノグ | SU | |

図3 発電機構造図(DE-50)

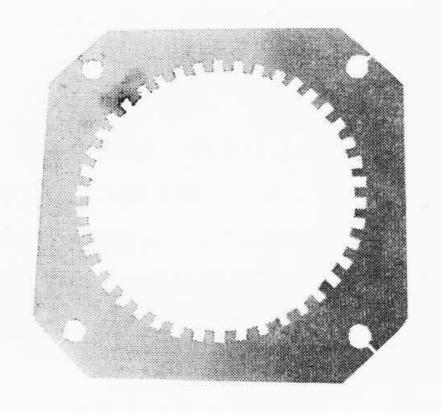


図7 固定子鉄心

改良を行なった。図3は発電機の構造を、図4は新旧構造の比較を 示したものである。

(1) 固 定 子

発電機のわく番は従来 5 種類であったものを整理統合し、DE-10~30、DE-40~60、DE-80~120 の 3 種類とし、部品の共通化を図った。図 5 および図 6 は固定子の外観である。

(a) 固定子わくおよびエンドブラケット

従来,固定子わくは鋼板溶接構造,エンドブラケットは鋳鉄製であったが,今回,図3に示すように市販の鋼管を使用した固定子わくに鋼板製エンドブラケットを溶接して一体とし,構造の簡素化を図っている。

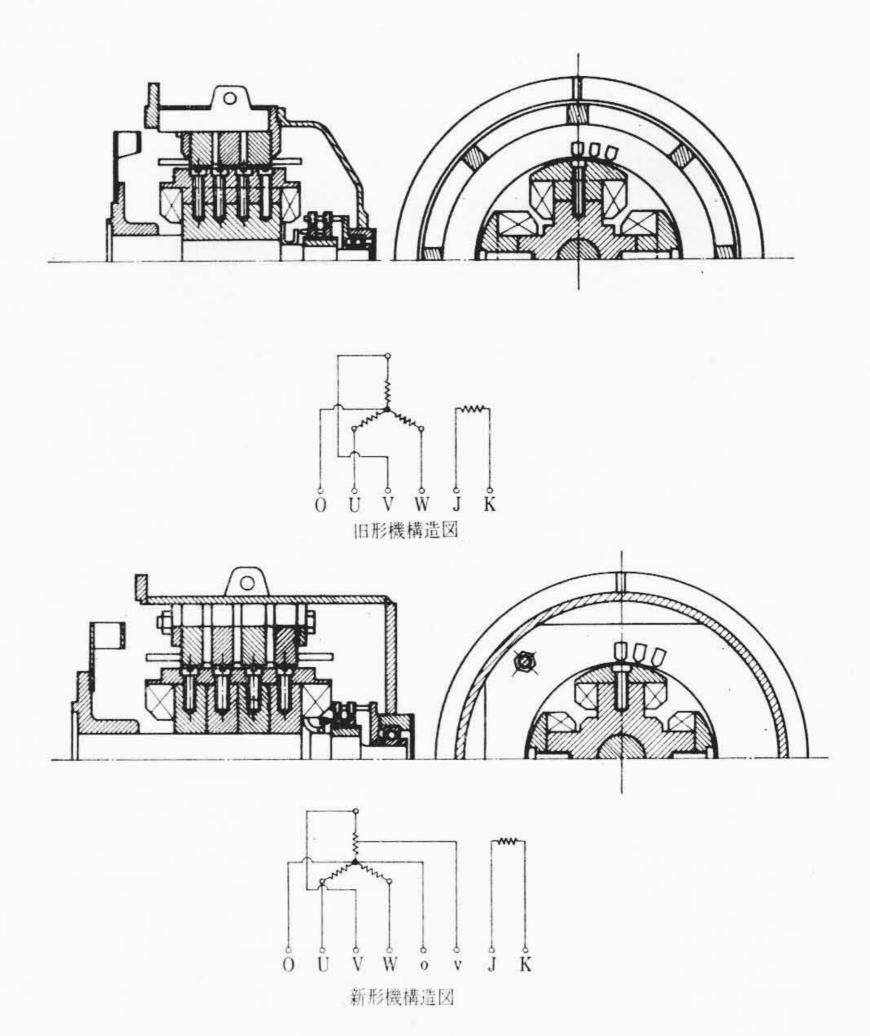


図4 新旧発電機構造図

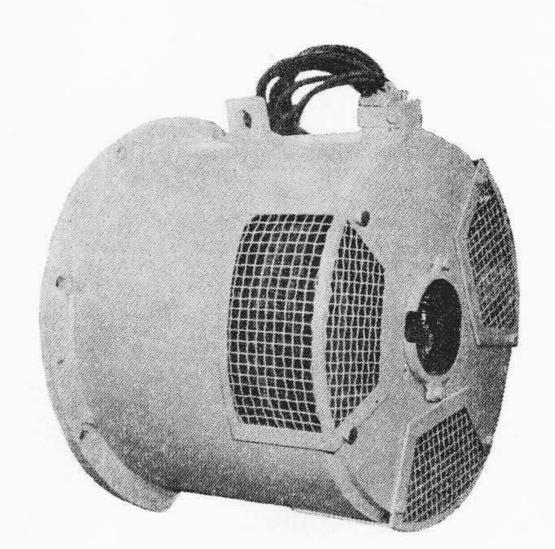


図 5 発電機固定子

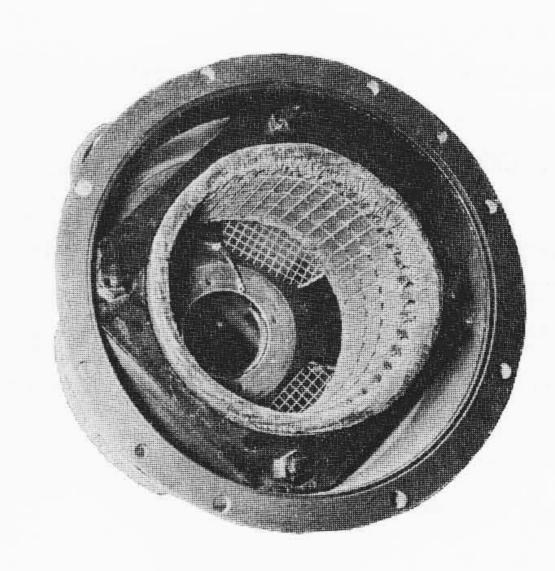


図 6 発電機固定子

(b) 固定子鉄心

図7に示すように角形鉄心とすることによって固定子わく構造の簡素化,作業性の向上ならびに冷却効果の向上を図っている。

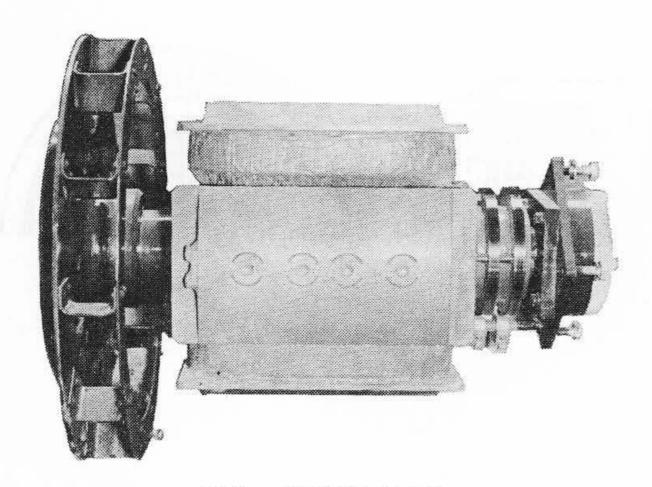


図8 発電機回転子

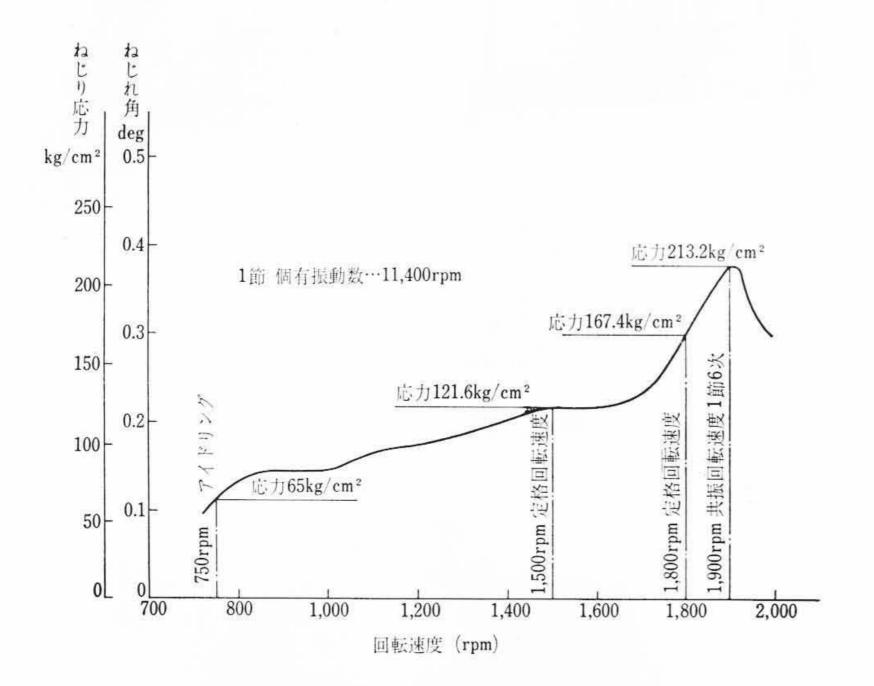


図9 ED-50 ねじり振動実測値

固定子わく構造の簡素化は角形鉄心の採用によって従来必要とした固定子わくのアームが不要となり、市販の鋼管が使用できる構造となった。作業性の向上については鉄心の外積みが可能となり、固定子コイルの組線作業が容易になった。また冷却効果については、鉄心に発生した熱は直接固定子わくより効果的に放散される構造をもっている。

(c) 固定子コイル

従来,固定子コイルは三相4線式で相電圧117/127 V,(50/60 Hz)を使用できるようになっているが,照明などの電源として100/110 V,(50/60 Hz)単相電源を必要とする場合,(トランスを使用するが),高い相電圧を利用するよりほか方法がなかった。新形機においては図4に示すように中性点と V 相の中間より100/110 V 単相電源を取り出せるよう考慮されている。

絶縁は各機種E種絶縁を採用している。素線にはポリエステル 銅線(PEW)を、アース絶縁には耐湿性のすぐれたポリエステルフ ィルムを使用している。

(2) 回 転 子

図8は回転子の外観写真である。

(a) シャフト

シャフトはディーゼル機関からのねじり振動を受けるので、起動時のアイドリング回転速度および定格回転速度において、ねじり応力に対しじゅうぶんな安全率をもつようシャフト径を決定している。図9はねじり振動実測の一例を示したものである。

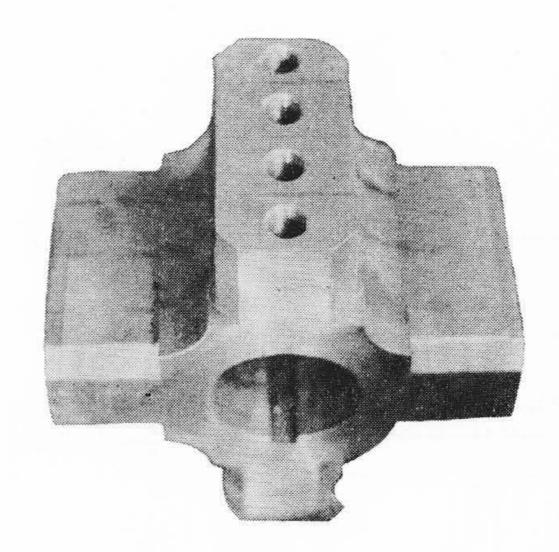


図 10 磁極およびヨーク

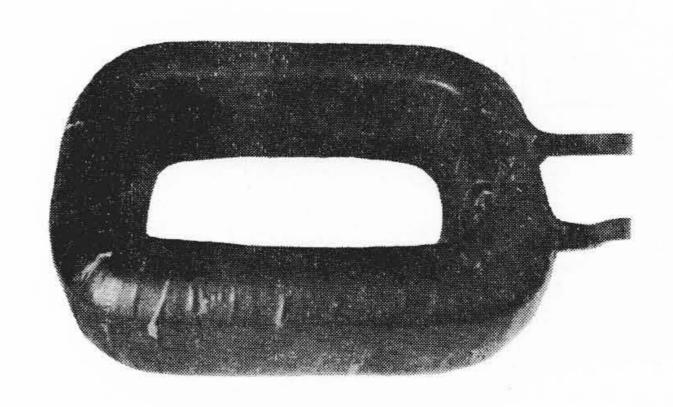


図11 界磁コイル

(b) 磁極およびヨーク

従来, 磁極およびヨークは鍛鋼製の塊状鉄心でシャフトに焼ばめされていたが, 新形機においては図3ならびに図10に示すように磁極およびヨーク一体の厚鋼板を積層し, シャフトに焼ばめする構造を採用して作業性の向上を図っている。 界磁コイルは図3に示すように磁極片で押え, 磁極片はボルトにて強固に磁極に固定されている。

(c) 界磁コイル

図11は界磁コイルを示したものである。 従来, 一部の機種の みにF種絶縁を採用していたが, 新形機においては全機種にF種 絶縁を採用している。 素線にはガラス巻線銅線 (DGC) を使用し, 絶縁材には耐熱性が高い, 耐湿性が良い, 機械強度が大きいなど の各種のすぐれた性能をもっているエポキシ無溶剤ワニスを採用 している。

エポキシ無溶剤ワニスは界磁コイルに真空注入するので、ワニスが硬化するとき絶縁層に空げきを生ずることがなく、コイル内部の熱伝導がよくなると同時にコイルと磁極間にワニスが充てんされ、磁極鉄心からの熱放散が増すため、従来の溶剤系絶縁に比べ温度上昇が約75%に低減した。

(3) スリップリングおよび刷子

スリップリングは長期間の運転休止においても錆(さび)ないようステンレス鋼を使用している。 またスリップリングには冷却と清浄効果を図り,かつ刷子の浮き上がりを防ぐため螺旋(らせん)状のみぞを切っている。

刷子保持器および刷子は各機種共通とし、部品調達の便を図っている。 刷子保持器には二重バネによる自動圧力調整式を採用 し、使用時のバネ圧調整を不要としている。

(4) カップリング

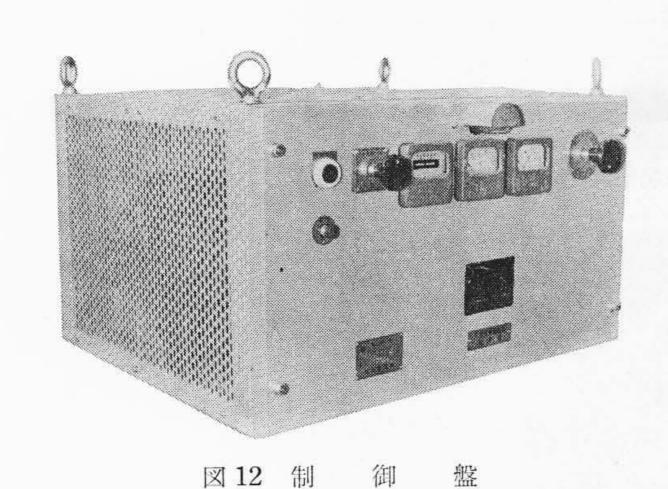
カップリングは型鍛造でファンボスも兼ね、構造の簡素化が図られている。

(5) 軸 受

軸受は取扱い保守が容易なように,ころがり軸受が採用され, 部品共用化の観点から三種類に統一されている。

3.2 制 御 装 置

制御装置は発電機の励磁装置を内蔵する制御盤、ディーゼル機 関を運転操作する操作盤および電装品などのディーゼル機関付属 装置により構成されている。



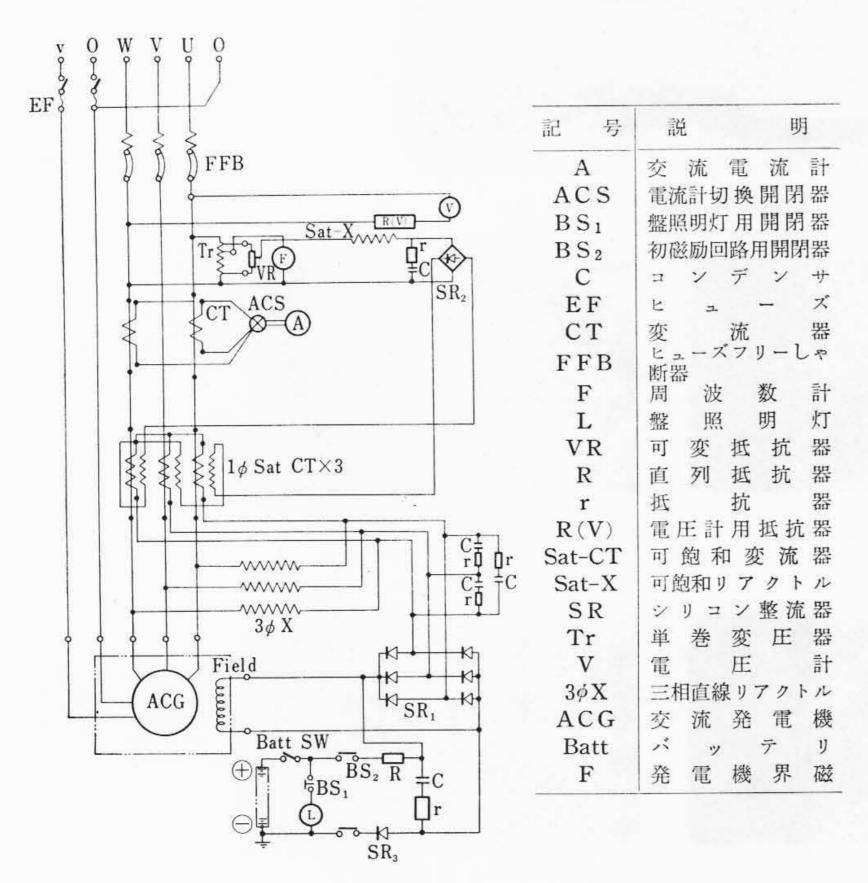


図 13 発電機励磁装置結線図

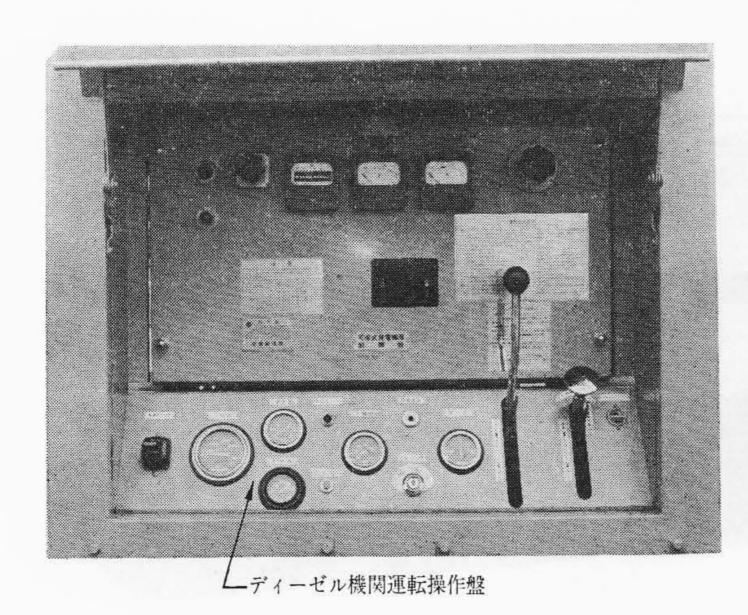


図 14 ディーゼル機関運転操作盤

(a) 制 御 盤

図12は制御盤外観を、図13は励磁装置結線を示したものである。励磁装置は複巻自励式で励磁速応度が高く、かつ静止形機器で構成されているので取扱い保守が簡単である。励磁装置の主要部分は無負荷励磁電流を供給する三相直線リアクトル、負荷時の電圧降下を補償する可飽和変流器、シリコン整流器および電圧調整回路から構成され制御盤内に組み込まれている。

(b) 操 作 盤

図14はディーゼル機関運転操作盤の外観写真である。 運転操作に必要な起動スイッチ,速度制御レバーおよび計器類などは,すべて前面操作盤に集められており,一個所で運転状態を監視操作できる構造である。

非常用電源では停電時,短時間で自動的に電源を確立するため 自動起動方式が採用されることが多い。この場合,ウォータヒー タタンクを設けてディーゼル機関を保温し,起動失敗を防止する よう考慮されている。また停電よりエンジンを自動起動して発電 完了し,送電までに要する標準時間は約15秒である。図15は自 動起動系統図を,図16は自動起動タイムスケジュールを示した ものである。

3.3 ディーゼル機関

ディーゼル機関には自動車用ディーゼル機関を使用し、運転、取扱い保守ならびに部品調達が便利なようにしている。回転速度は1,500/1,800 rpmで、ガバナにより速度変動率は4%以下に押えられ、燃料制御装置により過速度が防止されている。

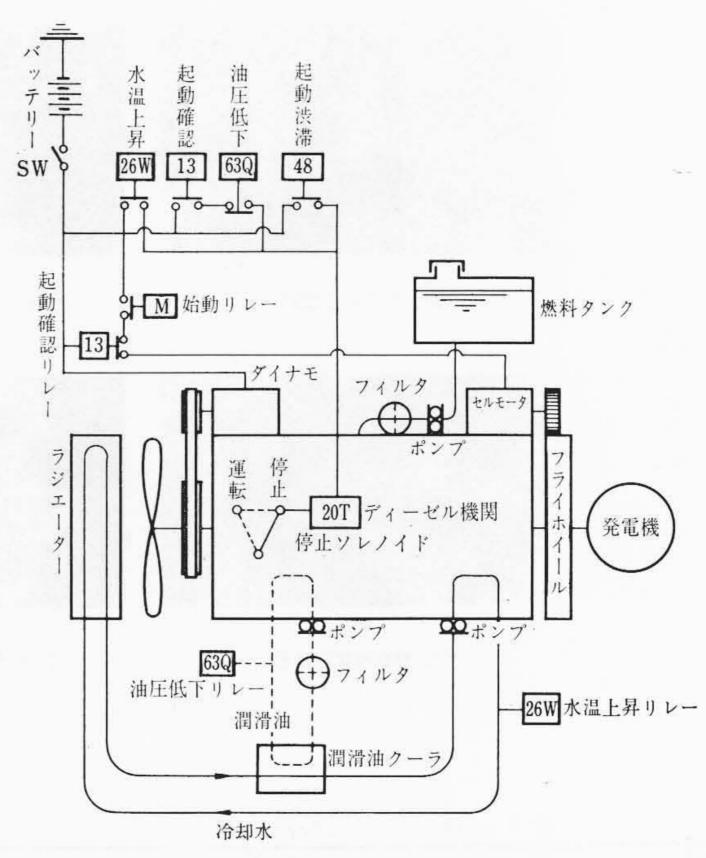


図 15 自動起動系統図

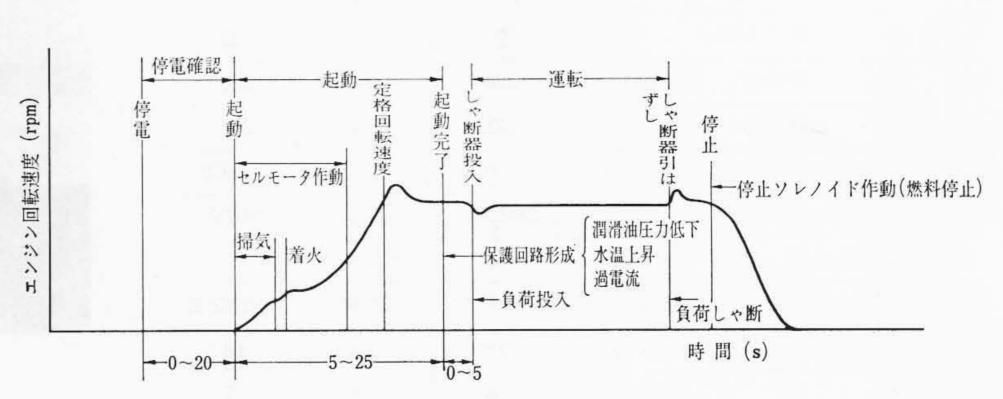


図 16 自動起動タイムスケジュール

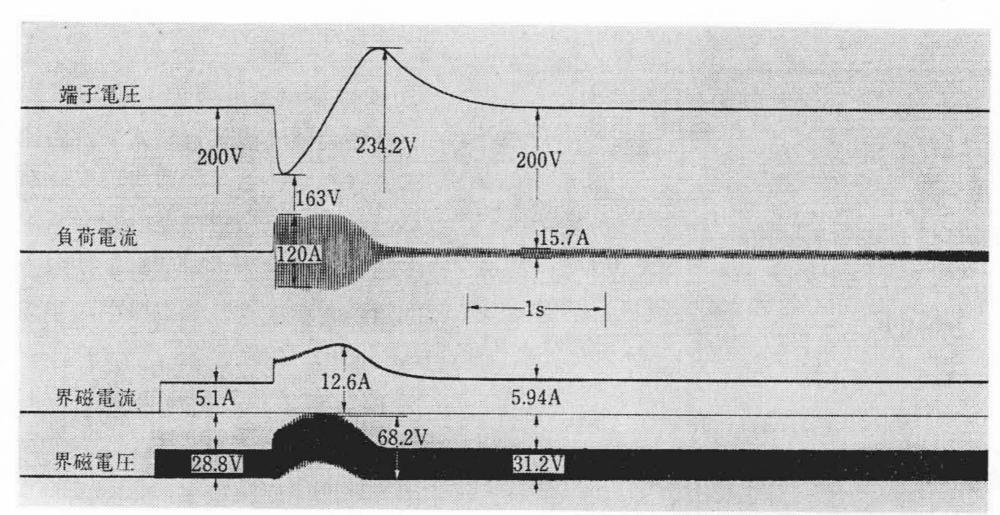


図 17 DE-50 7.5 kW 6 P 三相誘導電動機起動時のオシログラム

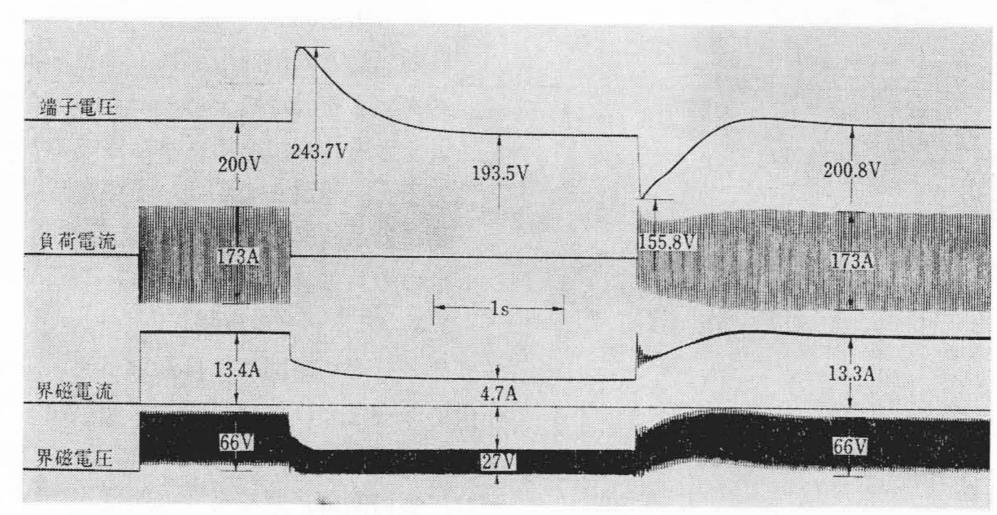
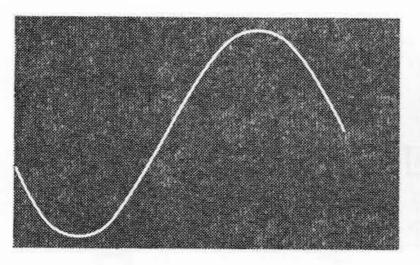
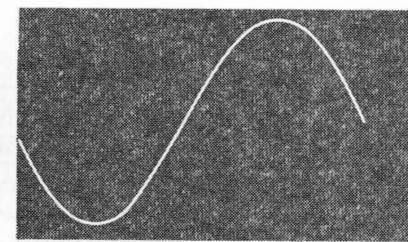


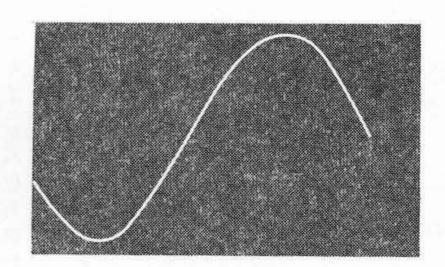
図 18 DE-50 100% 負荷(力率 0.8) しゃ断突入時のオシログラム



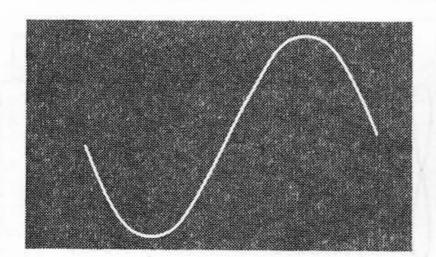
50Hz無負荷電圧波形



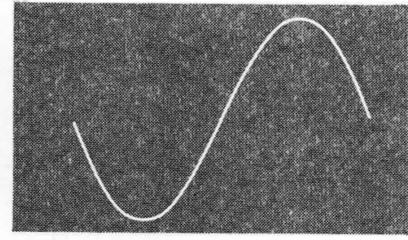
50Hz力率1.0全負荷電圧波形



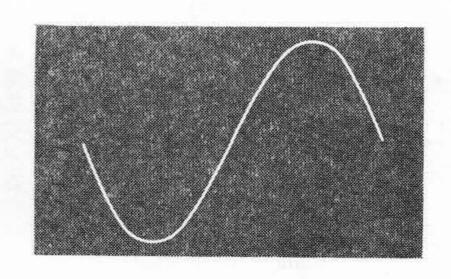
50Hz力率0.8全負荷電圧波形



60Hz無負荷電圧波形



60Hz力率1.0全負荷電圧波形



60Hz力率0.8全負荷電圧波形

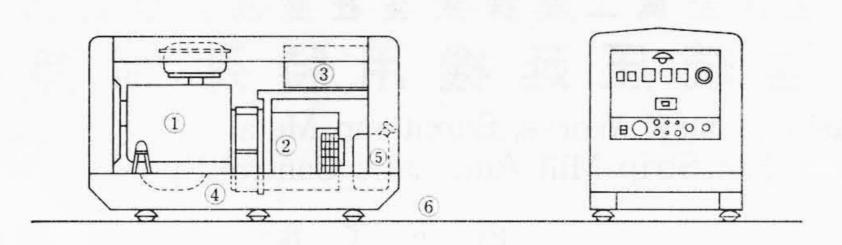
図 19 DE-50 発 電 機 電 圧 波 形

| | | | 表 3 D | E-50 発電 | 毛機温度上昇 | | |
|------|-------|------|-------|---------|---------------|-------|---------|
| | 眉 | 沙波 | 負荷 | 三相定 | 格負荷 | 単 相 | 負 荷 |
| 項 | 且 | 校 | 数(Hz) | 50 | 60 | 50 | 60 |
| 運 | 容 | 量 | (kVA) | 60 | 70 | 30 | 35 |
| 転 | 電 | 圧 | (V) | 200 | 220 | 200 | 220 |
| 状 | 電 | 流 | (A) | 173 | 173.5 | 150 | 159 |
| 態 | カ | 率 | | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 温 | 電機子コイ | ル | (温/抵) | 37/54.3 | 38/53.7 | 28/37 | 29/39 |
| 度 | 電機子鉄 | 心 | | 26 | 27 | 26 | 27 |
| 上 | 界磁コイ | ル | (温/抵) | 38/49.8 | 35/48.5 | 47/65 | 50/62.2 |
| 昇 | 界 磁 鉄 | 界磁鉄心 | | | 29 | 53 | 64 |
| deg) | 軸 | 受 | | 8 | 8 | 8 | 9 |

注:(温)は温度計法,(抵)は抵抗法



図 20 低騒音形ポータブル発電機 (DE-80)



| | 測定場所 | エン | | | | | | スキットベース④ | | | | 床面⑥ | | |
|-------------------|------|------|-----|------|------|----|------|----------|----|------|------|------|----|-----|
| 回転 速度 (rpm) | 負荷 | Н | A | V | Н | A | v | Н | A | A | Н | A | V | V |
| | 無負荷 | 10.5 | 5.5 | 11.5 | 33 | 25 | 14 | 7 | 6 | 15 | 56 | 47 | 29 | 3.4 |
| 1,500 | 全負荷 | 15 | 8 | 12 | 18.5 | 27 | 14.5 | 5.5 | 12 | 20 | 38 | 16 | 26 | 3 |
| 1,800 | 無負荷 | 11 | 5 | 31 | 14 | 37 | 19 | 10 | 7 | 18 | 10.5 | 17 | 21 | 3.5 |
| | 全負荷 | 12 | 6 | 30 | 22 | 37 | 21 | 6 | 9 | 18.5 | 15 | 12.5 | 23 | 3.4 |

注:1. 単位は μ

- 2. 上記値は片振幅
- 3. H は水平方向, A は軸方向, V は垂直方向

4. ポータブル発電機の性能

ポータブル発電機は用途上負荷の種類が多い。したがって、電圧 変動特性にすぐれ、過酷な単相負荷に耐えうることなどの特殊性が 要求される。以下に新形機の電圧変動特性、単相負荷時の熱特性な どの試験結果について紹介する。

4.1 電圧変動特性

新形機においては固定子コイルならびに磁極の漏れ磁束を小さく 設計するとともに、励磁速応度の高い自励装置の採用によって瞬時 電圧変動のすぐれた小形の発電機とすることができた。 図 17 は 7.5 kW 三相誘導電動機起動時のオシログラム、図 18 は 100% 負荷 PF 0.8) しゃ断・投入時のオシログラムである。

4.2 单 相 負 荷

発電機の負荷は原則として三相負荷であるが、用途上、ヒータ、 電灯、単相電動機および溶接機などの単相負荷が使用される。これ ら単相負荷も配線および負荷の都合で三相平衡して負荷をとること ができず、不平衡負荷もしくは極端な単相負荷となることがある。

新形機においては、定格電流相当の単相負荷まで実用上支障なく使用できるよう考慮を払っている。 表3は三相定格負荷時ならびに単相負荷時の温度上昇の実測値を DE-50 について示したものである。

また不平衡負荷の場合,電圧不平衡が大になると,負荷の回転機に逆相電流が流れ温度上昇をきたす原因となるので,不平衡電流は15%以内で線間電圧の差を定格電圧の5%以内に押えている。

4.3 電 圧 波 形

新形機においては短節巻、1スロットピッチスキュー、不整数スロットならびに半閉スロットなどの手段を講ずることによって、電圧波形を無負荷時、定格負荷時とも電圧波形狂い率で5%以下と良好な正弦波とすることができた。図19はDE-50の無負荷時ならびに定格負荷時の電圧波形を示したものである。

4.4 振 動・騒 音

ポータブル発電機は市街地での使用がふえるにつれ低騒音形が要求されるようになってきた。今回、日産自動車販売株式会社とタイアップし低騒音形ポータブル発電機の開発もあわせ行なった。吸音材にはグラスウールを使用し、入排気路を迷路として吸音効果を上げた。表2は低騒音形ポータブル発電機の寸法・重量および騒音を示したものである。図20は低騒音形ポータブル発電機 DE-80 の外観である。

なお、振動についてもぎ装上、合理的な配置により良好な振動結果が得られた。 表 4 は DE-50 形ポータブル発電機の振動実測値を示したものである。

5. 結 言

以上、日立ポータブル発電機について述べたが、今後この種の電源の需要はますます増加するものと思われる。よってわれわれは今後とも需要家の要望をとり入れて使いよいポータブル発電機の開発に努力する所存である。