

小型風力発電装置の試作 (第一報)

菊地 光一・後藤 美千男

Trial Manufacture on Generation Equipment of Small-sized Wind Power

(First Report)

Koichi KIKUCHI, Michio GOTO

(昭和55年10月31日受理)

The purpose of this paper is to describe wind conditions and trial manufacture on generation equipment of small-sized wind power and investigate the problems of its planning, manufacturing and running.

1. 緒 言

エネルギー供給不安の理由から、自然エネルギー利用の問題が最近大きく取りあげられている。そのなかで、風力エネルギーの利用は欧州を中心に古くから利用されていたが、間欠性のため、熱エネルギー利用が実用されるようになってから、ほとんど顧みられなくなっていた。そのため、風車の物理的工学的研究は遅れ、古くて、新しい問題となっている。

我々は地域環境に適した風力エネルギー利用の検討を行うため、55年6月より、本校電気工学科棟三階屋上に風向、風速計用発振器を、研究室に風向風速記録器、風力エネルギー積算計等を設置し、風況調査を実施している。

合せて、小型風力発電実験装置の試作を行い、積雪寒冷地での諸問題の実験的検討と、風力発電の実用性の検討を行ない、風力発電の基本的事項を把握に努めている。

特に、着永着雪や凍結による危険性は予想されながら十分検討されていないので、この点についても検討を進める予定である。

本報告は今まで得られた基礎的事項について、その大要を報告するものである。

2. 風況調査装置の概要

2・1 風況調査装置の概要

(1) プロペラ型風向風速発振器……2台

◦測定方式

風速……プロペラ—交流発電機式

風向……垂直尾翼—交流シンクロ発信機式

◦測定範囲

風速……2～70 [m/s]

風向……全方位—360°

風程……100 [m/1パルス]

◦測定精度

風速10 [m/s] 以下……±0.5 [m/s] 以内

風速10 [m/s] 以上……±5 [%] 以内

◦耐風速……90 [m/s]

(2) 風向風速記録器……1台

◦型式……自動平衡型2ペン方式(瞬間, 10分間平均切替付)

◦測定範囲……風速—35 [m/s], 75 [m/s] 切替付, 風向—全方位

◦紙送り……ワーレンモータ式

◦紙送り速度……30 [mm/h] (1ヵ月間記録)

(3) 平均装置

◦型式……電氣的積分方式

◦平均時間……風向風速とも10分間連続平均

◦テレメータ出力… (風速—0～60[m/s] 0～1[V] DC
風向—0～540° 0～1[V] DC)

(4) 風エネルギー積算計……1台

◦発振器型式……プロペラ型

◦測定範囲……0～30 [m/s]

◦測定面積……1 [m²]

◦エネルギーカウンタ……6桁

◦精度……±3 [%]

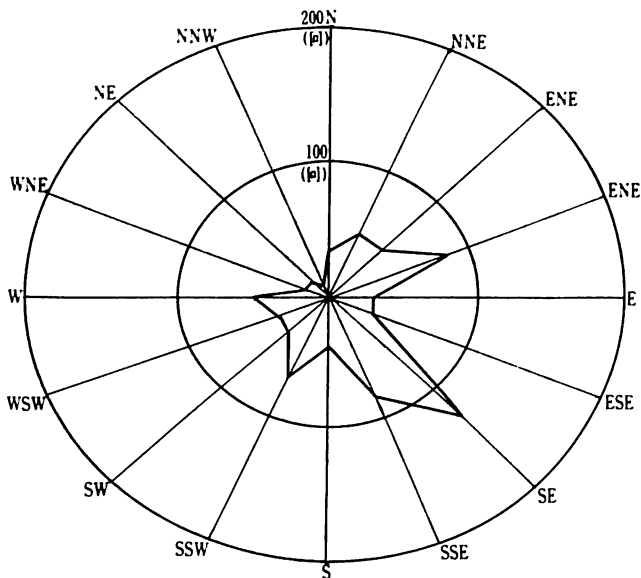


Fig. 1 風向頻度…昭和55年7月分
(回は1時間の平均回数を示す)

以上の計測装置はいずれも光進電気工業KK製のものである。

2・2 調査結果の概要

風向風速調査は昭和55年6月より調査したが日によりまた月によりその頻度は同じ傾向を示さず、調査が

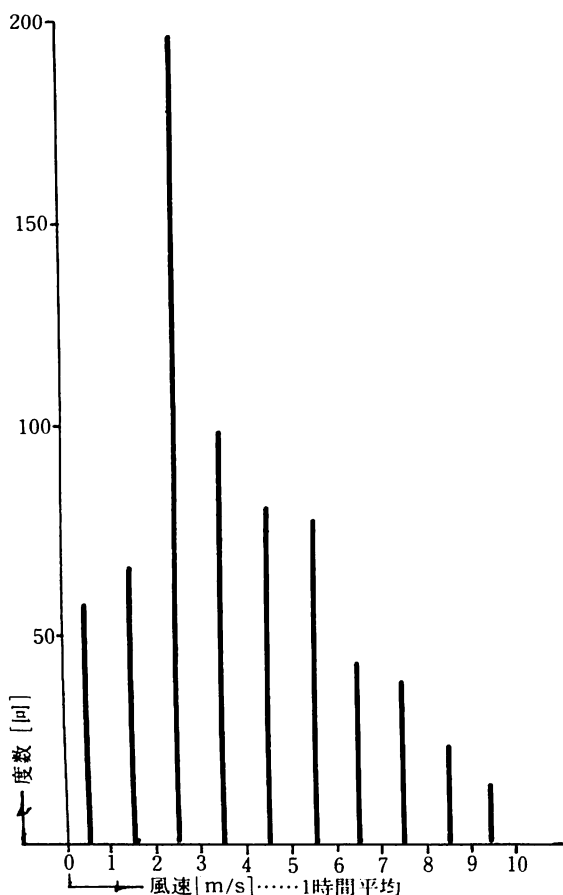


Fig. 2 風速頻度…昭和55年7月分

始まったばかりで分析が不十分であるがその一事例として、7月における結果を〔Fig. 1〕,〔Fig. 2〕に示す。(7月は年間を通じ風力エネルギーの低い月である。)

3. 試作小型風力発電装置の概要

本装置は、地域の気象条件に適した風車システムを設計するために必要な諸条件を、実験的に求めることを目的に試作したものである。

また、風車に発電装置を取り付けたのは、発電によって具体的に利用できる風のエネルギーがどの程度であるかを知るためである。

3・1 風車システムについて

風車ブレードの空気力学的設計は、航空機ブレードや、ローターの設計を基礎としておこなわれているが、変動の大きい自然風との対応で考えなければ

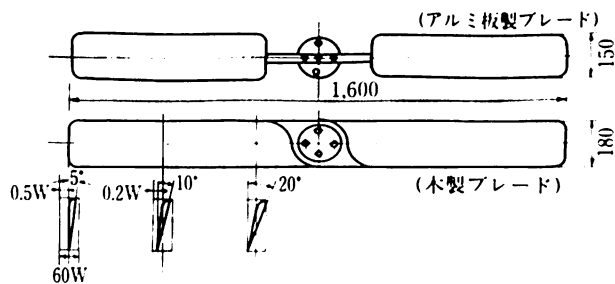


Fig. 3 ブレードの形状

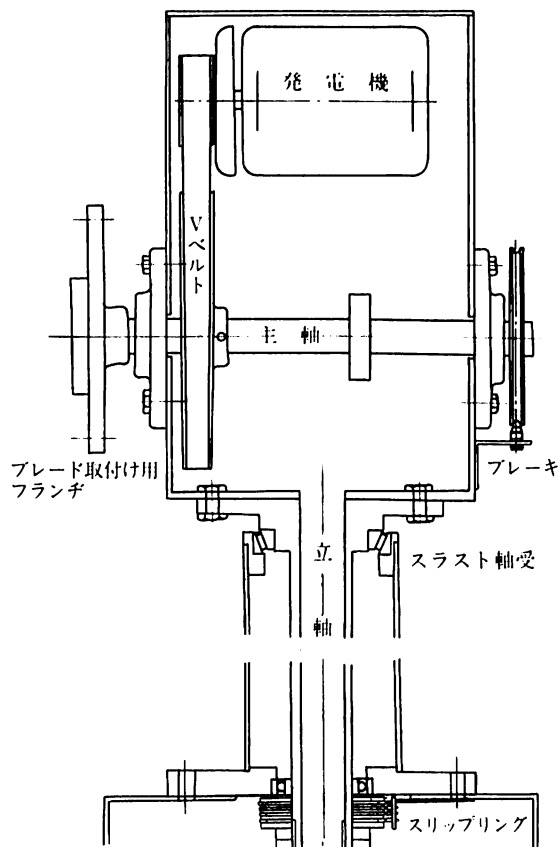


Fig. 4 主軸受および立軸受

小型風力発電装置の試作(第一報)

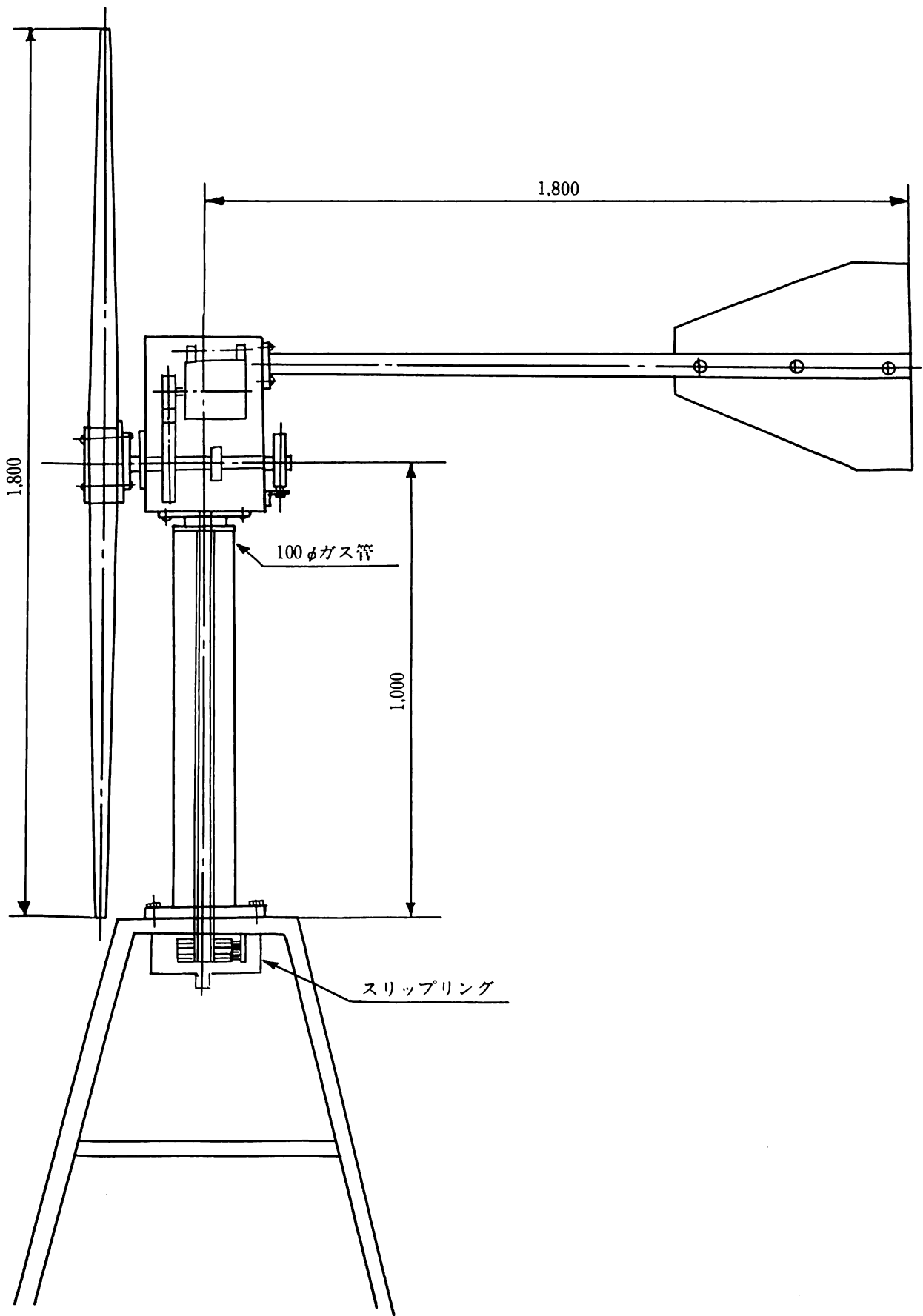


Fig. 5 小形風力発電組立略図

ならない。また風車の場合は経験に委ねられている面が多く理論値による最適翼形を画いても、材料や、加工コストの面で実用性が乏しいものとなるため、本実験の供試ブレードは簡易な計算で設計したClarK Y 翼形の木製（直径1,800〔mm〕）と、容易に自作しやすい、ねじれ角30°一定のアルミ板製ブレード（直径1,800〔mm〕）の2種類を自作したものである。

ブレード仕様は次に示す。

（木製ブレード）

形式—プロペラ型・低速用・回転数=300〔rpm〕

起動風速 = 3〔m/s〕

翼直径 D=1,800〔mm〕

翼幅 W=180〔mm〕 (W=0.1D)

板厚 T=63〔mm〕 (T=0.35W)

翼角度, 翼取付部付近 20°.75%部10°.100%部5°.

表面を, F. R. R 樹脂塗布によって強化した後ペイント塗装を施した。

（アルミ板製ブレード）

翼直径=1,800〔mm〕

翼幅=150〔mm〕

翼角度=30°一定。ブレード形状は〔Fig. 3〕に示す。

ブレードの回転数を, 3〔m/s〕の風速で300回転になるように設計したのは, 低風速範囲での起動性を良くするために, 翼素理論に基づいて計算した結果, ブレード幅が広いものとなった。さらに起動性を向上させるため弱カンバーを受風面につけたものである。

発電機の出電圧が12Vに達して, 充電可能となるカットイン回転数が900回転であるため, Vプーリ

一で3倍に増速を行った。

これらの装置を収納する本体部分は, 耐候性を考慮して, 完全防水の箱型にした。

発電機だけに防滴カバーを付したタイプの風力発電装置が市販されているが, 降雪地帯での耐候性には疑問があるので, すべての機構を箱型の内部に収納する方式としたものである。

主軸径は25 mm ϕ とし, 主軸受けは, 角フランジ形ピロブロックを用いた。

ブレードを風向に正対させるため本体を尾翼によって常に追従させなければならない。追従性を良くするため〔Fig. 4〕に示す如く100〔mm〕 ϕ 鋼管の両端部にベアリングを挿入した立軸受を架台上部に取り付けられている。

組立図を〔Fig. 5〕に示す。立軸は中空にして, そのなかにケーブル四芯を通して, 発電機と回転数検出器の出力端に接続している。立軸下端部には〔Fig. 5〕に示すスリップリングを取り付けて出力を取り出す方式にしている。

スリップリングは, 塩ビ丸棒から削り出して加工したものである。

3・2 発電機および電気回路

発電機は小型自動車用交流発電機で, ダイオードを内蔵し, 定格電圧はDC 12〔V〕, 定格電流は25〔A〕である。この発電機は他励式で, 界磁電流を流すため, 12〔V〕バッテリーを電源とし, 負荷に抵抗器を用い, 界磁電流は2.5〔V〕とした。

発電機は低速時の発電電圧の低い時だけ励磁が必要で, それ以上の回転では自励式となるので, 励

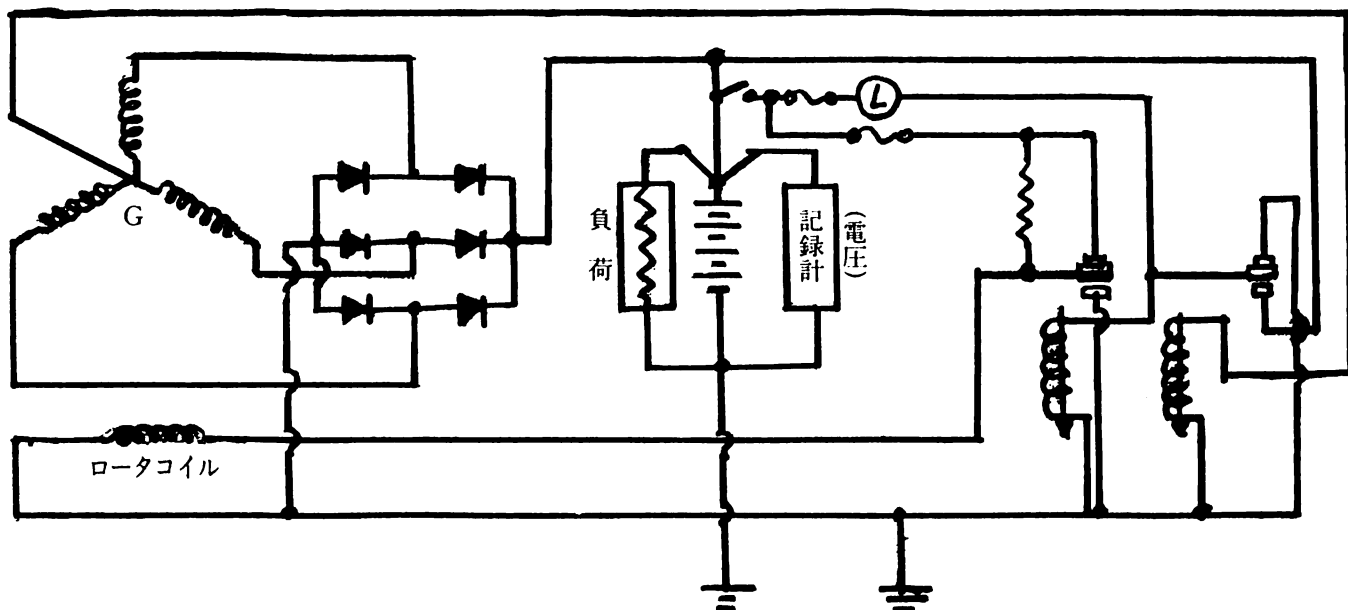


Fig. 6 発電機回路

小型風力発電装置の試作(第一報)

磁電流を供給する必要がない。

発電機によって、発生した電力はどのような目的に使用するかによって、電力制御の方法は異なる。たとえば発生電力を電熱器に供給する場合、バッテリーに供給する場合、電灯に供給する場合(照明用として12[V]の直流で点灯する蛍光灯が、バス用として市販されている。)等によって、それぞれ制御の方法は相違するが、本実験では、バッテリー負荷を対象としたので、その回路図を〔Fig. 6〕に示す。

この回路はバッテリーが過充電にならないように自動車用レギュレータを活用し、電圧調整用リレーがそう入されている。

なお供試発電機の特性を知るため、変速モードドライブによるベンチテストを実施した。

バッテリー負荷時における電圧一回転数特性を〔Fig. 7〕に、無負荷時における電圧一回転数特性を〔Fig. 8〕に示す。バッテリー負荷の場合は、前述のとおり、過充電にならないよう14.5[V]をカットオフ電圧と設定してある。

無負荷の場合は風車回転数、約345[r.p.m]で14.5[V]に達し、バッテリー負荷の場合は、約380[r.p.m]で14.5[V]に達する。

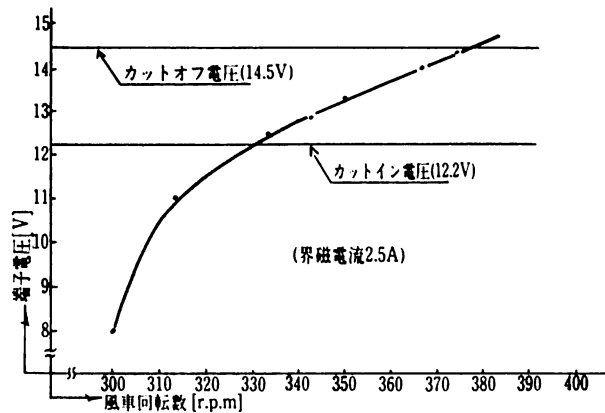


Fig. 7 バッテリー負荷時における電圧一回転数特性

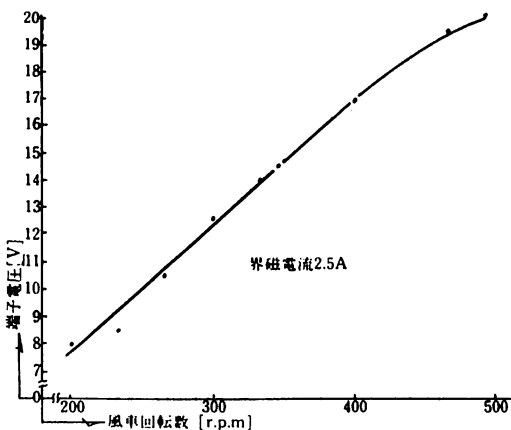


Fig. 8 無負荷時における電圧一回転数特性

3・3 制御・制動装置

風車が強風時に過回転して、振動や、遠心力で破損しないように一定風速以上に達した際、回転を制御する装置が必要であるが、制動装置の設計資料はほとんど報告されていない。本装置には過回転になった時、遠心力で飛び出す空気ブレーキ板をブレードと同一軸に取り付けた。ブレーキ板の回転直径は600[mm]、板幅100[mm]、長さ200[mm]とし、コイルバネで引きつけておく方式にした。バネ強度の選択は実験的に求めるものとし、制動風速を15[m/s]を目標とした。

バッテリーのカットイン電圧12.2[V]、カットオフ電圧14.5[V]になるよう設定した。

発電機の回転数を検出するため、1回転につき1パルス発生する信号を比較回路を経て、計数し、デジタル表示する装置をセットしてある。

4. 実験結果と考察

4・1 風速と発電電圧

試作した装置によって得られた風速と発生電力との関係を〔Fig. 9〕に示す。

発電機の励磁電流を2.5[A]とし、抵抗負荷を用いた場合について実験したものであるが、ブレードが回りだす起動風速は約3[m/s]で、起動後は2.5[m/s]程度の微風速でも回転している。風速、及び発生電力は10分間の平均値である。

風速の日変動、瞬間風速の変化が著しく、従って

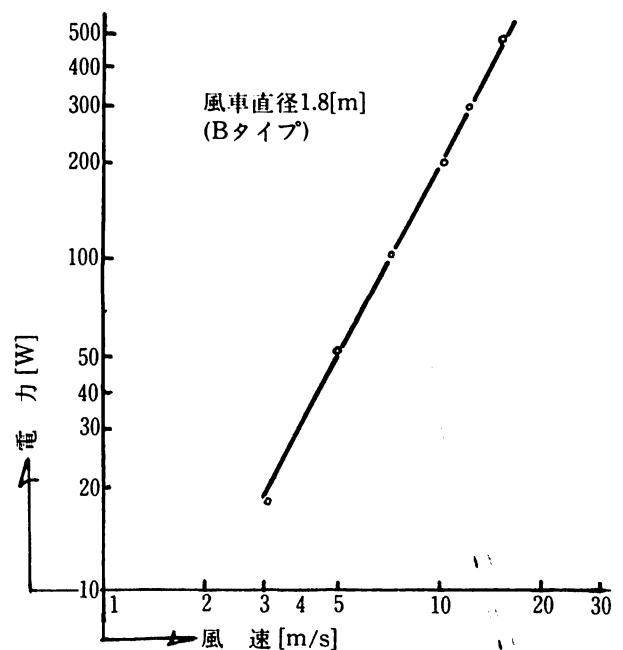


Fig. 9 風速と発生電力との関係

発電機発生電圧の変動巾も大きく、その一例を [Fig. 10] に示す。

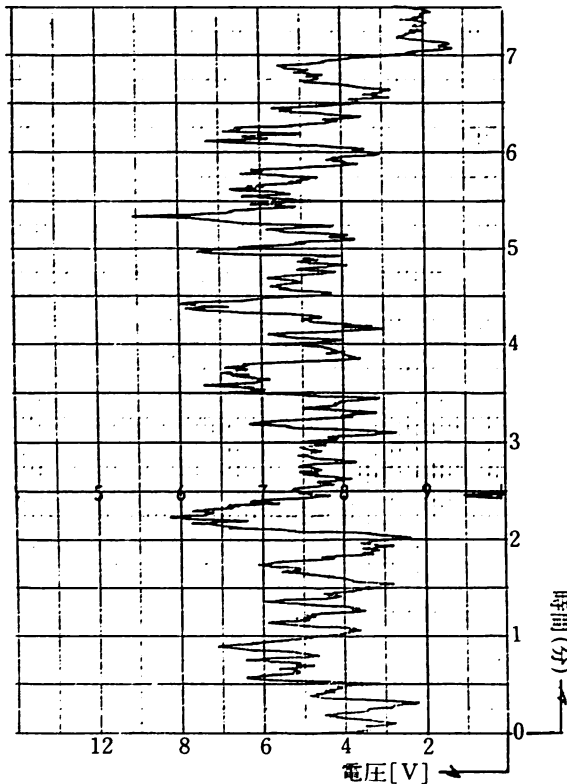


Fig. 10 発電機出力電圧の一例

4・2 風車運転結果と問題点

試作した装置を試験運転している期間中に、秋田県地方ではまれにみる最大瞬間風速32 [m/s] の強風が長時間吹き荒れたため、その期間貴重な体験をした。その体験を通して、いくつかの設計上の問題点が明らかになったので次に述べる。

1) ブレードの振動。

ブレードは本校実習工場で可能な限り入念に加工したものであるが、それでも、避け難い不平衡荷重が残っているため、それが原因して、強い振動が発生した。振動はブレードの破損にまでは到らなかったが、それが原因して各部のボルトが弛緩して、破損事故につながる危険性が強く感じられた。

プロペラの製作に、バランスをとる装置を備えている工場は別として、一般的な工場で生産した場合は不平衡荷重による振動を充分考虑した設計を施す必要がある。特に、ねじ締付部の弛緩防止対策が必要である。

2) 制動装置について

全停止用制動装置として、(70 [mm]φ) V プーリーに自転車用ブレーキシューをスプリングで引き付ける方式をとったが、約10 [m/s] 以上の風には

効力がなかった。そのため強風時に緊急停止することが困難となった。(20 [mm]φ) のマニラロープでブレードをキャッチしようとしたら鋭利な刃物で切られたように切断された。強風時の風車の暴走の危険性を改めて知らされた感がある。せひとも、遠隔操作で確実に全停止(尾翼による回転運動も含めて)する装置が必要である。

空気ブレーキ方式による自動制動装置は不平衡荷重を回転体に与えるため高速回転での危険が感じられたため取り外したため実験結果は得られなかった。

機構を充分検討して、高速回転に耐えられるような強度と、動作確実な可動部分を作る必要があり、不平衡荷重になることを極力回避した設計にすべきである。

3) 強度について

空気ブレーキ装置をはずして、無制動のまま最大瞬間風速32 [m/s] の風が吹き荒れる悪天候のなかで4日間抵抗負荷または無負荷で運転したが、初日に4 [mm]φ ワイヤロープに取り付けてあったタンバクルのフックボルトが、ブレードと本体の振動荷重が原因して破損したため装置が転倒する事故が発生したが、故障箇所修理後は破損に到る事故は発生しなかったが、本体の振動がはげしく耐久性に疑問が感じられた。振動により発電機釣下げボルトや、尾翼柱取り付けボルトなど主要なねじ部が弛緩した。ねじの弛緩はスプリングワッシャーの使用など十分な対策を実施後は完全に防止できた。

尾翼を25×25×3型鋼、長さ1,600 [mm] で製作したが、縦・横・共に振動が多く、明らかに剛性不足が感じられた。同じ程度の市販品は20×20×3型鋼で造られているので、それを参考にして造ったのであるが、市販品には疑問が多いことが伺われる。

尾翼振動が、本体を振動させる大きな要因となっているのでこれに対する配慮が必要である。

5. 結 言

試験期間中に、まれに見る強風に遭遇して、本体が転倒したり、木製ブレードが破損したりするなど貴重な体験が得られたので、これらの問題点を検討して本設計を現在進めている。その結果は続報として報告する予定である。

終りに、本装置は、昭和55年度高専祭のメンテナーとして取りあげられ、学生会有志と本校実習工場技官の協力によって試作されたものである。

熱心に製作にとりくみ、初期の目的を達成し、体験を通して、お互いに多くのことを、学ぶことが出来た。協力をいただいた諸氏に深く感謝する。