

Technical Information

タイトル

送電線の考察

本説明書の著作権は Mr. Jerry Ostermeier (Alternative Power & Machine, Oregon, USA) と Mr. Joe Schwarts (Home Power's CEO, Oregon, USA) に属しています。2008 August & September Home Power 126

皆さんがマイクロ水力発電を計画される場合、一番最初に調査されるのは、ゴミを排除する取水方法であり、その後の導水管をどうすれば良いか等をお考えの筈です。同時に発電された電力を如何にロス無くしかも低価格で使用できるかも大きなトピックスと言えます。



16kW キャニオンペルトン発電機
AC120/240V 発電で蓄電池やインバーター
不要

実際高低差や流量でどのような発電機(タービンの種類、DC、AC)が最適かを考えると同時に取水方法や導水管設置等多くのことを計画しなければなりません。送電方法を熟考しなければ、システム全体が完成したとは言えません。この送電線が成功の鍵を握っています。

出力のオプション

水力発電で使用される発電機は基本的に2種類に分類されます。— 高出力 AC 発電、又は低出力 DC 発電{その多くは AC から DC 変換されます}です。使い分けとしては、AC 発電の場合、消費ピークの需要を完全に満たすエネルギーの得られる場所で、対象とする使用負荷を一度に全部満たせる余裕のある場合です。高低差と流量が十分得られる場合です。住居での使用の場合、通常 4 - 15kW が連続して発電できる場合に適応します。この場合蓄電池保存は必

要ありません。発電機出力は 120 - 240V 一定で且つ周波数が制御され、それら電気は直接電気製品で消費されます。電気製品が使用されない夜間の場合等、過剰に生み出される電気はダミー抵抗に振り分けられ、発電と消費のバランスが 24 時間常に行われます。ダミー抵抗としては空気ヒーター、水ヒーターに分けられます。

しかし大抵の方々はその様な高出力の得られる環境に居住されているとは言えません。その場合低出力の DC を利用するしか方法はありません。通常 100W から 1,500W 程度が場所により異なりますが得られる範囲です。得られる DC を蓄電池充電に使用し DC-AC インバーターで家電製品を利用し、蓄電池群はその最大利用電気容量を満たす容量に設計されます。



エナジー システム & デザイン社
ターゴ型、永久磁石利用、12/240VDC 1kW

低出力発電では通常 12 - 120VDC (又は 120 - 480VAC) が得られますが、その理想電圧の決定は発電場所から蓄電池場所までの距離で決定します。

ここでの注意点は 120 - 480 VAC の場合、交流 3 相で送電には 3 本線が必要と同時に、周波数はタービンの回転変動で一定にはなりません。高出力 AC 発電機の場合は周波数安定装置が必ず付けられていますので、直接家電製品に繋いで使用は可能ですが、低出力 DC 用の元の AC は直接負荷に繋げませんので、必ず蓄電池充電用と考えなければなりません。この低出力 AC は整流器を経由し DC に変換され、それから蓄電池に接続します。

送電の原理原則

もし発電場所から御自宅まで 100 メーター程度であれば幸運としか言いようがありません。電線の道順、電線の太さ、それらの全費用はそう大した問題にはならないからです。

しかし大抵の場合発電場所と消費場所との距離は離れざるを得ないのが通常です。送電線距離 300 メーター程度は通常でしょうし、1.6km 程度は現在の技術で克服できる距離かも知れません。

導水管設計でお話しましたように、長距離になればそれだけ管径は太くなります。電線は電気エネルギーの導水管ですから距離が長い場合太い物が必要です。

$$\text{電力(W)} = \text{電圧(V)} \times \text{電流(AMPS)}$$

この公式から、電流と電圧はそれぞれ反対の動きをします。同じ電力の為には、発電機の電圧が高ければそれだけ電流は少なくて済みます。電流値が小さいと言う事は送電中の損失が少なくて済み、電線の太さが細くても構わなくなり(従って電線コストは低下)送電距離の長い場合電圧を上げるのが有利と理解出来ます。

的確な情報はこの後に書かれた” [500W 送電用電線寸法表](#)“を参照して下さい。電圧を高める方法は電線投資費用を低下させ、又近い場合、離れた場所で更に高電力発電可能な場所を見出す事にも繋がります。

実際マイクロ水力を計画される場合、多くの組合せから、妥協点を探る訳です。費用の多くは、機器の価格、地形からの工事費、必要なワット数、発電場所と使用場所の距離等です。例えば発電場所をもう少し自宅に近い場所にすれば、電線費用は予算に納まり、送電ロスは無視できるかも知れません。しかし反対に、電線を 20 メーター長くすれば、導水管を上へ上げ、取水量を増やせ、発電量が飛躍的に増大するかも知れません。この様に設計ではあらゆるファクターを考えます。経験者に相談されれば多くの経験から、ベストな選択を助言してくれると思います。

500W 送電用電線寸法表

蓄電池までの電線距離 100 フィート(30メーター)			
使用電圧	電線の太さ	AWG 規格	線本数
12	11.7mmØ	0000	2
24	6.5mm	2	2
48	3.3mm	8	2
120	1.6mm	14	3
240	1.6mm	14	3
480	1.6mm	14	3

蓄電池までの電線距離 500 フィート(150メーター)			
使用電圧	電線の太さ	AWG 規格	線本数
12			
24			
48	2.0mm	2	2
120	1.6mm	12	3
240	1.6mm	14	3
480	1.6mm	14	3

蓄電池までの電線距離 1000 フィート(300メーター)			
使用電圧	電線の太さ	AWG 規格	線本数
12			
24			
48	9.3mm	00	2
120	2.6mm	10	3
240	1.6mm	14	3
480	1.6mm	14	3

蓄電池までの電線距離 2500 フィート(760メーター)			
使用電圧	電線の太さ	AWG 規格	線本数
12			
24			
48			
120	4.2mm	6	3
240	2.0mm	12	3
480	1.6mm	14	3

蓄電池までの電線距離 5000 フィート(1500メーター)			
使用電圧	電線の太さ	AWG 規格	線本数
12			
24			
48			
120	6.5mm	2	3
240	3.3mm	8	3
480	1.6mm	14	3

御注意:

- 直径 11.7mm 以上の太い電線は価格が高く実用ではありません。
- 全て電氣量損失 5%以内です。
- THHN 難燃生架橋ポリエチレン銅線又は THWN 熱可塑性高防水ナイロン被膜銅線。
- 最小の直径は AWG14(1.6mm 直径)です。

発電機の種類による考え方

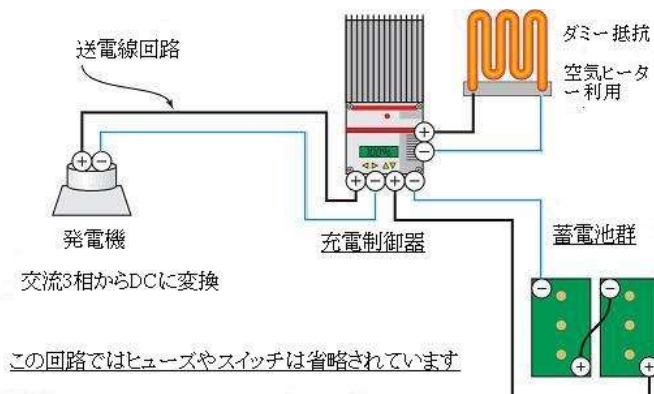
実際の工事を行われる前には全ての要因の究明がなされていなければなりません。発電機の種類による考え方を以下に示しますが、発電された電気をどこまで運ぶのかの考察が重要な鍵です。

低電圧 DC もし発電機の場所が御自宅から 30-90 メーター程度であればシステム電圧を蓄電 2 池電圧で決定されるのが一番簡単です。(12,24,48V DC)。ある種の小型発電機は DC そのものを出力する場合がありますがこの頃ではブラシレスと言われる永久磁石を利用し 3 相交流を出し、その後整流器を経由し DC 変換するタイプが一般的です。どの場合でも、蓄電池充電専用の発電機です。

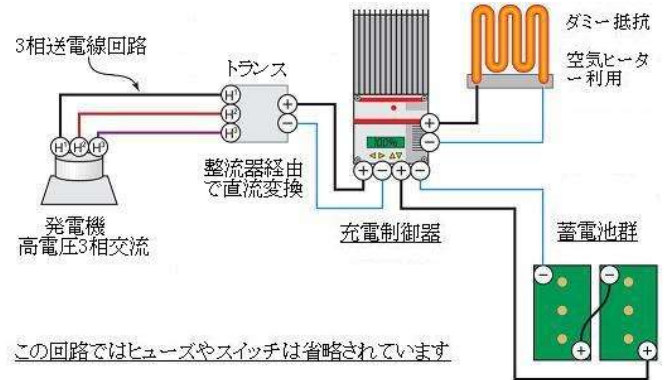
高電圧 DC 近年発電機メーカーでは DC の出力値を高めにし、送電効果を高めるタイプを発売してきました。電圧を上げれば同じワット数では電流値が低下出来、送電線が安価になります。蓄電池手前で MPPT コントローラーを使用し、高電圧を蓄電池電圧に低下させ、充電用に変換します。この技術は太陽光パネルシステムが先行してきました。

確かに MPPT での高電圧のメリットは遠距離では認められますが、電圧を落とす回路や MPPT 回路は未だに高価な物であり、欠点としては規定入力以上の電圧が流れ込みますと、簡単に故障してしまいます。水力の場合回路の遮断は、急激な電圧上昇に繋がり、コントローラーの故障は瞬時に発生します。この装置の価格から考えますと、高圧 AC で送電し、蓄電池手前で整流器による DC 変換の方が、現状経済的と言えますが、将来どうなるかは別問題です。AC 送電での価格は安価で、エネルギー効率も MPPT と同等です。

低電圧 DC 送電例



三相発電機 この場合は周波数安定回路は付属していません。： 貴方の環境が遠距離送電以外の方法は無いと明確に理解できる場合 3 相高圧出力発電機が最適です。高圧 3 相交流で送電後、蓄電池手前でステップダウントランスで蓄電池電圧に低下させ整流器で直流変換し、それを蓄電池充電に利用します。通常の製品使用の場合、トランスと整流器の変換効率は 90% に達します。また 3 相遠距離送電の場合 3 本必要ですが、高圧なので、電線の太さは細く、価格も魅力です。この辺りでの 3 相電圧は 120, 240, 480V が一般的です。



配線ヒント

埋めて下さい:

各場所での法律に従いますが、電線管内に入れた場合 40cm の深さの地中に埋めて下さい。もし電線その物を埋める場合 70cm の深さのカバーが必要です。

保護して下さい:

電線を電線管無しで地上に配置する方法は楽ですが、動物や人間には危険な状態となります。電線管があるなしに係らず地中に埋める事は深さの程度を問わず、安全な方法です。短絡時のシステム保護の見地から電線にブレーカーを取り付けます。仕様は電線のアンペアに沿った物を使います。送電線の選択時、送電距離を取り入れ、電圧低下を計算しますので発電機の規格より電線の規格は相当高いものとなります。この理由の為、ブレーカーの規格はタービンアンペアの倍を考えます。こうする事により、頻繁にブレーカーが誤動作する事を防止しタービンの空運転を防止します。

アースして下さい:

発電機は時には死に係る高電圧を発生します。この事故防止の為にアースは不可欠です。発電機近辺にアース棒を埋めこみ、発電機本体をアースして下さい。使用器具のアースも施工し、発電機と電位を同じにします。雷の多い地域ではサージ保護器を送電線の最終に取り付けます。{この辺りの詳細は本格的電気施工業者にお問い合わせ下さい}

アースのミス:

電線のマイナス側と発電機のアースを共通にしないで下さい。ある種の発電機の外部金属そのものがアースになっている場合があります。短絡時発電機に電流が流れ込み電位変化により器具類の破損が生じます。

電線、電線管、端子結線

電線について:

送電線に利用されるのはアルミ線又は銅線が一般的です。アルミの内部抵抗は同じ太さの銅線に比較し 1.6 倍増大します。銅に比べアルミの内部抵抗が高いので、同じ距離を考えた場合アルミの方が太くなります。が、現在の金属価格から、アルミの方は安価になります。

アルミの場合、電線管にいれ敷設した場合、電線管も太い物が必要で、価格は高くなり、アルミの剛性は高く、入れにくく、引きにくく、アルミを直接発電機端子に結合も難しくなります。アルミは更に銅に比較し湿気に弱く腐食が問題となります。アルミ被膜にニッケル鍍金の場合湿気腐食は更に加速されます。この様な背景から銅線が最適です。銅線を直接地中に埋めるには RHW, UF を求めます。電線管に入れる場合 THHN/THWN で十分です、

電線管について:

正しい太さの電線を長距離に配線する場合、電線管無しに地中に埋めるのは、工事は簡単で又電線管の費用が不要で、この方法の魅力は高いのですが、電線管での保護は絶対必要です。もし保護無しで地中に埋めるのであれば、線が接触する床の状態を考えて下さい。砂、岩が床にあり、その上から、土で覆いますので、相当な重力が電線に与えられます。埋める工程で電線が破損します。考えて見て下さい----もし電線が地中で切れた場合 300 メーターの距離を、深さ 70cm に渡り調査しなければならないとすると、誰もやってはくれません。高圧で送る場合の電線管の目的は、電線保護と同時に、人や動物への安全確保に繋がります。

端子結線:

発電機の端子に電線を繋ぐ場合半田付けした銅製ラグを使います。アルミ電線の使用の場合、発電機から正規の結線同線を延ばし、中継ボックスに延ばし、その中継ボックスで、2 個のボルトで銅線とアルミ線を結合します。性質の異なった電線結合部は電位変化の為の腐食が発生しますので錆止め処理剤を塗布します。自動車用の発電機利用の場合、外部が電極になっている場合もあり、保守の場合、手の接触には注意が必要です。

電圧制御

水力発電の目的は一日 24 時間稼働が目的の為、例え小規模でも、得られるエネルギーは高いものです。結果もし電気を利用しない場合(夜間や旅行)蓄電池は満タン状態になりフロートモードとなります。過充電を避ける為、電圧制御が必要となります。太陽光パネルの充電方法とは全く異なり発電機の回転数は常に一定に保つ必要があり、発電機と負荷の接続は保持されなければなりません。太陽光の場合、蓄電池の電圧が一定以上になれば、回路を遮断し充電を止めます。太陽パネルは乾電池の ON-OFF と同様に使えますが、水力発電機の場合回路を OFF にしますと、回転数が異常な上昇を始め、RPM はおよそ倍速になり、電圧は 3 倍に上昇します。発電機の種類によっては、この条件に耐え得る場合もありますが高圧によりシステム回路が破壊されます。この悪条件を防止する為に蓄電池が完全状態時、更に入り込む電気をダミー負荷に切り替え、蓄電池の保護を行います。トリスター TS45/60 のような充電制御器が電圧管理を行い、余分な電気を空気中に放熱します。インバーターの種類によっては、この役目を持った物も最近販売されています。又頻繁に充電制御器が電気をダミーに送る場合、蓄電池容量を増加させるか、充電制御の電圧を、低・高の 2 段階の 2 回路を持ち安全を確保します。

TS45
充電制御器



空気放熱型ダミー抵抗



以上