

## **ПРОУЧВАНЕ ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА ВЕТРОГЕНЕРАТОРИ ПРИ НИСКИ СКОРОСТИ НА ВЯТЪРА**

**Мартин Димитров Златков**  
[dj\\_marti79@mail.bg](mailto:dj_marti79@mail.bg)

**ВТУ „Тодор Каблешков”**  
**България, София, 1574, ул. "Гео Милев" 158**  
**БЪЛГАРИЯ**

***Ключови думи:** ветрогенератор, изследване, протокол, енергия, вятър, турбина, генератор, енергийна, ефективност.*

***Резюме:** В доклада са разгледани въпроси за експериментално изследване на възможностите за използване на ветрогенераторите. От предварителните експериментални проучвания са дефинирани насоките за по-нататъчни изследвания в разгледаната област.*

### **1. Увод**

Големите ветрогенератори (>100kW) е наложително да се инсталират в планински местности, далеч от населените градски райони по редица съображения. В този доклад ще бъдат разгледани възможностите за използване на ветрогенератори със средна мощност (1 - 100kW) при ниски скорости на вятъра. Те могат да бъдат монтирани, както в извънградски, така и в градски райони, подкрепяйки концепцията за интензивно използване на възобновяеми енергийни източници. Има се в предвид монтиране на ветрогенераторни и соларни системи върху равни покривни конструкции и калкани на промишлени и жилищни сгради други подходящи площадки. Смяя да твърдя, че при възобновяемите енергийни източници, малките ветрогенератори са огледалната липсваща половина на соларните паркове. Това е и повод да бъде създаден нов печеливш отрасъл в родната индустрия.

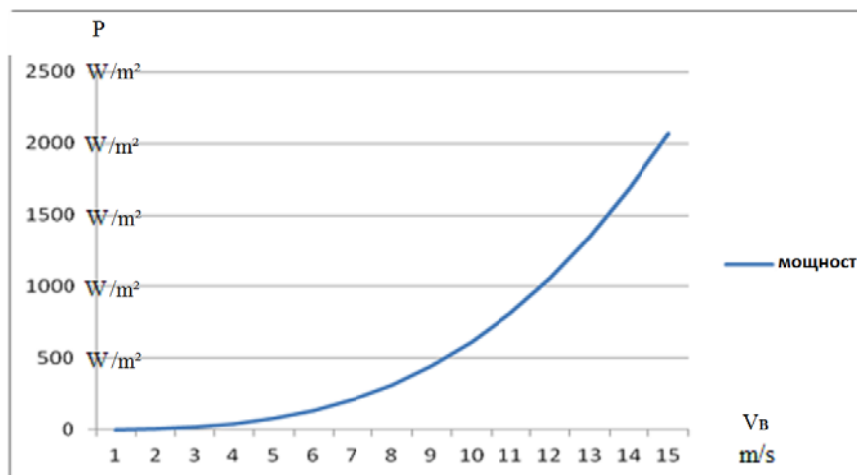
За „улавяне” и оползотворяване ниските скорости на вятъра е необходимо ветрогенераторът да бъде с подобрени аеродинамични, механични и електрически характеристики. Би било добре да бъде сформиран съответен екип от специалисти.

Твърди се, че ветрогенератор не е рентабилно да се експлоатира при ниски скорости на вятъра, защото произведената от него енергия е по-малко от амортизационните разходи. Това до известна степен е вярно, но се късае за големи ветрогенератори, които започват производство при скорост на вятъра 4-6m/s. Конструирването на ветрогенератор, който при 6m/s дава половината от мощността си, оборва горното твърдение.

За реализиране на такова съоръжение, конструкцията му трябва да бъде преоразмерена, което е една от трудностите т.е. по-големи първоначални разходи. Разчитаме, че тези разходи ще бъдат възвърнати от това, че ветрогенераторът ще работи почти двойно повече часове годишно.

Голяма полза би имало, ако разполагаме със съоръжение „Аеродинамичен тунел”. Изследване на турбина на ветрогенератор в „Аеродинамичен тунел” е и друго негово приложение освен изследване аеродинамиката на превозни средства.

От таблица 1 и графика 1 се вижда, че при 6m/s мощността, която носи вятърът, на площ 1m<sup>2</sup>, не е особено голяма. Въпреки това, носи определено количество енергия, която ако бъде уловена може да бъде полезна.



Графика1. Специфична мощност  $W/m^2$  в зависимост от скоростта на вятъра  $m/s$ .

Таблица1. Мощността, която носи със себе си вятърът на площ 1m<sup>2</sup>

$V_b$ -m/s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$W/m^2$	0,6	4,9	16,5	39,2	76,2	132,3	210,1	313,6	446,5	610,5	815,2	1058,4	1345,7	1680,7	2067,2

## 2. Подобряване на електрическите характеристики.

За да може да работи средномощен ветрогенератор в синхрон с мрежата без силов инвертор, е необходимо да се разработи трифазен синхронен генератор с електромагнитно възбуждане. Роторът е навит също трифазно. Възбуждането се извършва от сложен трифазен честотен инвертор с променлива честота. Инверторът трябва да може да намалява своята честота до „0”, като преминава през „0” и отива в „минус” По този начин се получава въртящо се с ниска честота магнитно поле във възбудителната намотка на генератора. Тъй като скоростта на вятъра е доста променлива, оборотите на турбината и ротора също са непостоянни. Въртящото се магнитно поле във възбудителната намотка компенсира в „+” и в „-”, непостоянните обороти на ротора като по този начин формира винаги честота 50Hz в статорната намотка на генератора.

При ветрогенератори, които съхраняват произведената енергия в акумулаторна станция, също има още какво да се иска по отношение на КПД на генератора. Нека разгледаме следващата таблица и се опитаме да я анализираме.

$n$  – Обороти, при които са направени измерванията, об/мин;

Упр.ход – напрежение на празен ход, V;

Uг – напрежение на генератора под товар, V;

Iг – товарен ток на генератора, A;

Рел – електрическа мощност, W;

$\eta$ г – КПД на генератора, %;

Рм – механична мощност на вала, W;

$V_b$  – скорост на вятъра, при която се достигат съответните обороти, m/s\*;

$P_b$  – мощност на вятъра при определена площ на турбината, W \*;

$\eta_T$  – КПД на турбината, % \*;

\* – касае се за точно определена турбина, в случая турбина с площ 5,8m<sup>2</sup>.

**Таблица2. Протокол от тестване на синхронен генератор с постоянни магнити.**

Вид товар $\Omega/V$ "Y"	Акумулатор 12V								
	U пр.ход V	U <sub>г</sub> V	I <sub>г</sub> A	Рел W	$\eta_T$ %	Р <sub>м</sub> W	вятър m/s	Р <sub>в</sub> W	$\eta_T$ %
90,0	10,0	-	-	-	-	-	1,5	3,0	-
125,0	14,2	12,4	0,4	4,5	87,3	5,1	2,3	42,7	12,0
180,0	20,5	12,8	2,7	34,6	62,4	55,4	3,0	101	54,7
250,0	29,5	13,9	5,8	80,6	47,1	171	4,5	341	50,1
355,0	43,0	14,2	9,5	134,9	33,0	409	6,0	809	50,5
500,0	59,0	15,9	13,0	206,7	26,9	767	9,0	2731	28,1
710,0	86,0	17,0	16,0	272,0	19,8	1376	12,0	6473	21,3
1000,0	118,0	18,5	17,3	320,1	15,7	2041	18,0	21847	9,3

Вид товар $\Omega/V$ "Δ"	Акумулатор12 V								
	U пр.ход V	U <sub>г</sub> V	I <sub>г</sub> A	Рел W	$\eta_T$ %	Р <sub>м</sub> W	вятър m/s	Р <sub>в</sub> W	$\eta_T$ %
90,0	4,5	-	-	-	-	-	1,5	12,6	-
125,0	8,0	-	-	-	-	-	2,3	42,7	-
180,0	11,6	-	-	-	-	-	3,0	101	-
250,0	17,1	13,0	3,2	41,6	76,0	54,7	4,5	341	16,0
355,0	24,4	14,7	8,6	126,4	60,2	210	6,0	809	25,9
500,0	34,0	16,3	15,0	244,5	47,9	510	9,0	2731	18,7
710,0	49,0	18,5	21,9	405,2	37,8	1073	12,0	6473	16,6
1000,0	68,0	19,5	26,0	507,0	28,7	1768	18,0	21847	8,1

Ако използваме свързване „Δ” (долната половина от таблицата), максималната мощност е по-голяма, но моментът в който ще започне зарядът е доста късен – при около 250об/мин. За да имаме ранно производство, е по-удачно да използваме свързване „Y” (горната половина от таблицата). В този случай моментът, в който полученото от генератора напрежение ще надхвърли напрежението на акумулатора е по-рано, т.е. зарядът ще започне при около 110об/мин. При свързване „Y” максималната мощност е по-ниска. Казаното по-горе недвусмислено потвърждава необходимостта производството да започне при свързване на генератора в „Y” а с усилване на вятъра и увеличаване оборотите да премине в „Δ”. Най-подходящия момент за превключване е тогава, когато мощностите при „Y” и при „Δ” се изравнят. Целта е да няма електрически и механични удари, а също така и през контактите на комутационния апарат да не протича голям ток. Подходящия момент за превключване е при около 400об/мин според тестовете на този генератор.

Както при доста методи в енергетиката, така и в раздела „ветрогенератори”, изчисляването започва отзад напред, т.е. от получената полезна енергия към първичната входяща енергия. Представям на вашето внимание разработената от мен методика за изчисляване на пет неизвестни параметъра (светлите полета в таблицата), при представяне на четири известни параметъра (тъмните полета).

Оцветените полетата представляват резултатите от измерванията при теста на генератора. Неоцветените полета са получени резултати чрез пресмятания на оцветените полета.

Формулите от (1) до (5) съставляват математическа методиката по която е пресметната таблица 2.

$$(1) P_{ел} = U \cdot I$$

$$(2) \eta_{Г} = P_{ел} / (U_{пр.ход} \cdot I_{Г}) \cdot 100$$

$$(3) P_{М} = 1 / (\eta_{Г} / 100) \cdot P_{ел}$$

След като попълним и колонката „вятър” можем да изчислим още 2 параметъра, които иначе не биха могли да бъдат измерени без помощта на аеродинамичен тунел.

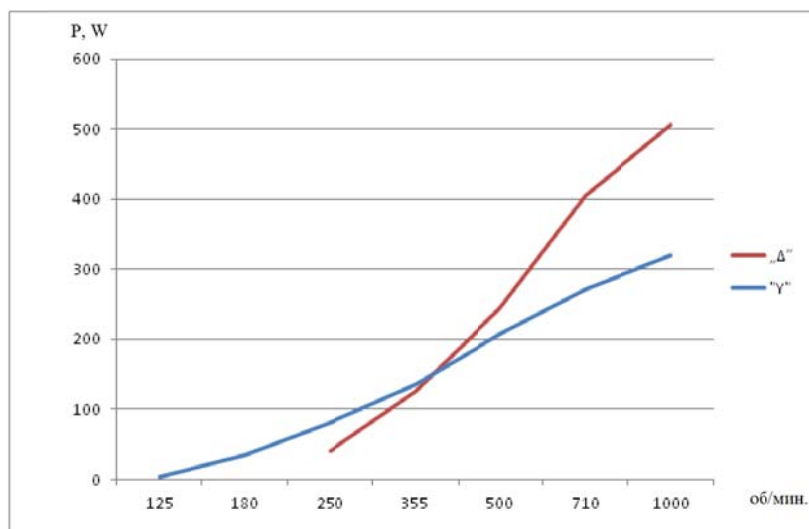
$$(4) P_{В} = 0,5 \cdot 5,8 \cdot 1,29 \cdot (V^3)$$

0,5 – теоретичен максимум на отнетата енергия;

5,8 – площ на конкретната турбина  $m^2$ ;

1,29 –  $\rho$  – плътност на въздуха;

$$(5) \eta_{Т} = P_{М} / P_{В} \cdot 100$$



Графика2. Мощност при определени обороти в свързване „Υ” и „Δ”.

След изследването и направения анализ, можем да заключим, че моментът на превключването е късен. Необходимо е при следващо конструиране на генератор, момента на превключване да бъде при около 300 об/мин. Също така безспорно се доказва необходимостта от превключване „Υ” / „Δ”. Видими са и ползите, които са – 2 пъти по-ранен „старт” на заряда и увеличаване на максималната изходна мощност с 1,73.

## STUDY THE POSSIBILITIES OF USING WIND POWER AT LOW WIND SPEEDS

Martin Zlatkov  
[dj\\_marti79@mail.bg](mailto:dj_marti79@mail.bg)

*Todor Kableshkov University of Transport, Sofia, 1574, ul. "Geo Milev" 158  
BULGARIA*

**Key words:** *wind, study, protocol, wind, turbine, generator, enertiyna, efficiency.*

**Abstract:** *The report deals with issues of experimental study of the possibilities of using wind turbines from previous experimental studies. Defined are the guidelines for further research in the areas covered.*