

---

## МОДИФИЦИРАНА СИСТЕМА ЗА НАСОЧВАНЕ НА ВЕТРОГЕНЕРАТОР

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

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“  
1574 София, ул. „Гео Милев“ № 158  
БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** Ветрогенератор, енергийна ефективност, възобновяеми източници на енергия*

***Резюме:** Усвояването на енергийни ресурси, предоставени от възобновяеми източници на енергия, е средство за достигане на устойчиво енергийно развитие и минимизиране на вредните въздействия върху околната среда. В тази насока използването на вятърната енергия е въпрос с голямо значение. Все по-широко приложение намират различни ветрогенераторни системи, като една такава е проектирана и изградена във ВТУ „Тодор Каблешков“. Проектиран и разработен е ветрогенератор със средна мощност с маса над 100 kg. Поради значителното тегло на системата не е удачно използването на пасивно насочване. Масовата практика при големите ветрогенератори е да се използва система с активно насочване, която включва ветропоказател и електрозадвижване. И двата типа системи за насочване притежават недостатък – усукване на силовите и комуникационни кабели. Не е удачно за предаване на комуникационните сигнали да бъде използван пръстено-четков апарат, поради опасността от смущения и необходимостта от предаване на голям брой сигнали. В доклада е представена модифицирана система за насочване, която елиминира тези проблеми. Реализирана е с помощта на електромеханична автоматика, предразполагаща минимизиране броя на отказите в условията на електромагнитни смущения и елестростатични полета.*

### УВОД

Променливата посока на вятъра, който задвижва ветрогенераторния пропелер, създава необходимост ветрогенераторът да има възможност да се завърта на 360° по вертикална ос така, че да може да се насочва спрямо въздушното течение. По-малките ветрогенератори използват „опашка“, която ги ориентира срещу вятъра – т.нар. „пасивно насочване“. Голям ветрогенератор не може да бъде оставен да се насочва от свободно движещи се в произволни посоки въздушни маси и не е удачно използването на този тип насочване. При големите ветрогенератори се използва т. нар. „активно насочване“, при което се реализира хидравлично или електрическо задвижване на генератора и се решават някои трудности.

## РЕАЛИЗАЦИЯ НА АКТИВНО НАСОЧВАНЕ

Върхът на кулата завършва с твърдо закрепен голям зъбен венец (фиг.1) [1]. Самото задвижване е реализирано с мотор-редуктор (фиг. 2). Насочването трябва да става бавно и плавно заради създавания се жирокопичен ефект в пропелера и големи сили на огъване в централния вал.



Фиг. 1 Зъбен венец



Фиг. 2 Електрозадвижване за насочване на ветрогенератор

### 1. Електрозадвижване

Електрозадвижването за насочване на ветрогенератора е изпълнено с електродвигател и два последователно свързани червячни редуктора и изходящ вал със зъбно колело с 10 зъба (фиг. 2). Общото предавателно число е 1000:1. Допълнително понижаване на оборотите с още 10:1 се реализира поради това, че на изходящия вал на редуктора е закрепено зъбно колело с 10 зъба (фиг. 2), а зъбният венец на кулата има 100 зъба (фиг. 3). Поради голямото предавателно число на редукторната част, времето, необходимо за завъртане на ветрогенератора на 360°, е повече от 1 минута, което изпълнява по-горе описаното изискване за плавно насочване.



Фиг. 3 Лагерно тяло със зъбен венец



Фиг. 4 Лагеруване

### 2. Лагеруване

В зъбния венец се извършва лагеруването, което може да бъде изпълнено с няколко лагера, които обикалят по канал (фиг. 4) [2] или с лагерно тяло, както в конкретния случай (фиг. 3). Лагеруването позволява на гондолата, която носи целия ветрогенератор, да се завърта на 360°. Тук се явява следващата трудност – как да бъдат предадени комуникационните сигнали и силовата линия на произведената от ветрогенератора енергия без да се усукват прекалено централните кабели.

### 3. Кабелни линии

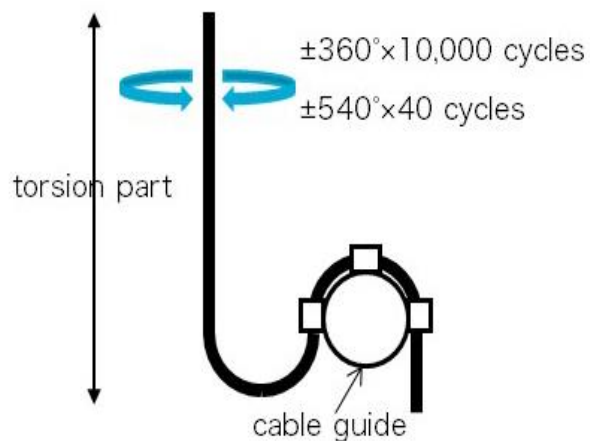
Единият вариант за предаване на комуникационните сигнали и силовата линия е с пръстено-четков апарат, но дори и при големите ветрогенератори се предпочита сигурна връзка с висящ централен кабел (фиг. 5 а) и б)) [3-7].



Фиг. 5 а) и б) Кабелни линии

Според [5-7], усукването на кабела води до намаляване на неговата издръжливост (фиг.6), както следва:

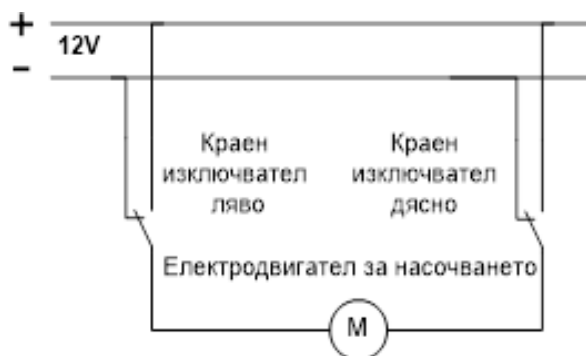
- Усукване на  $\pm 540^\circ$ - издръжливост 40 цикъла.
- Усукване на  $\pm 360^\circ$ - издръжливост 10000 цикъла.
- Усукване на  $\pm 180^\circ$  (както е предложено в настоящия доклад) - издръжливост поне двойно повече - 20000 цикъла.



Фиг. 6 Усукване на централния кабел (тест на кабел 18-30 kV, 1Cx25SQ)

### 4. Автоматична защита против усукване на централните кабели

Най-опростената схема за насочване е показана на фиг. 7. За да не се допусне усукване на централните кабели, схемата за насочване е модифицирана, като към нея са добавени следните елементи (фиг. 8):

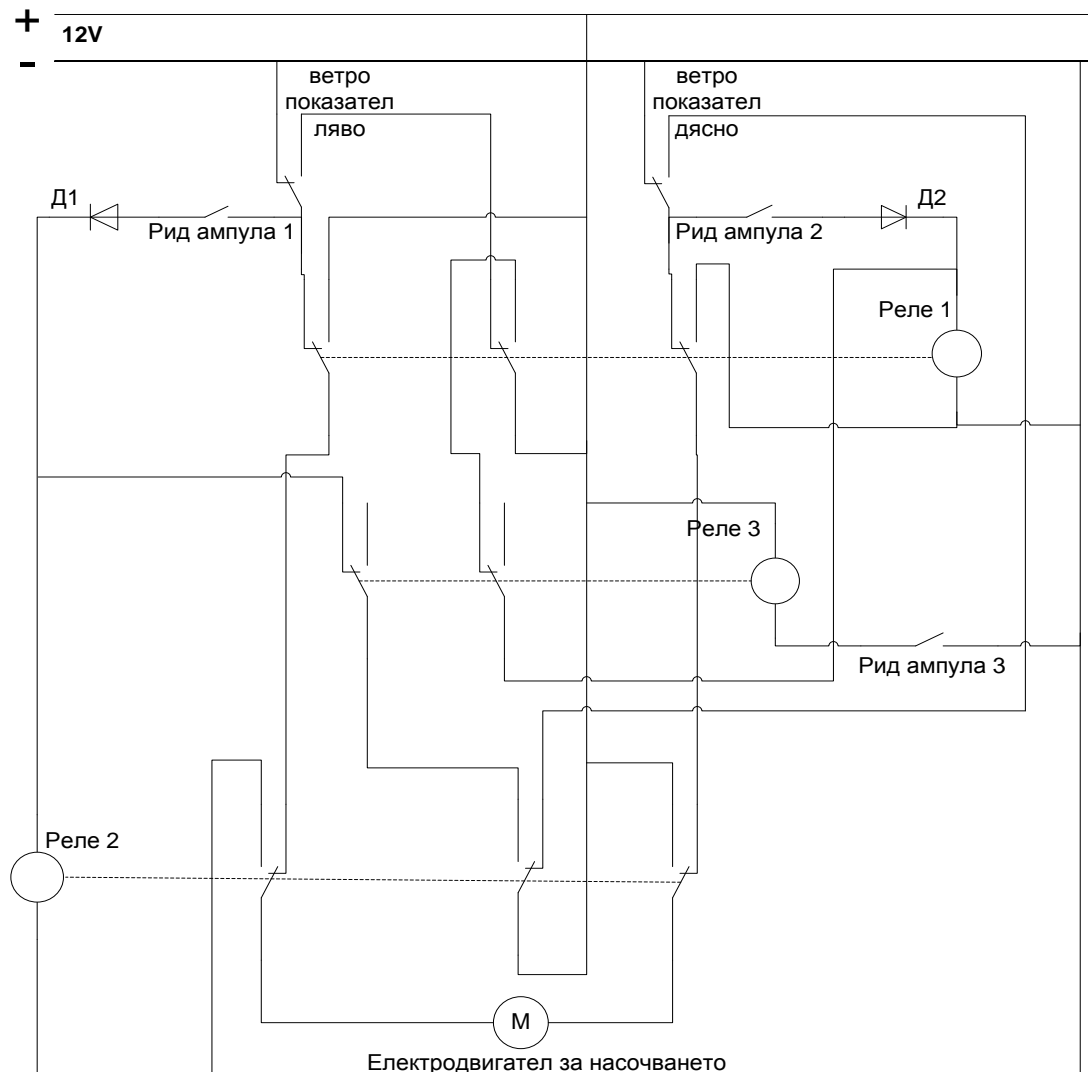


Фиг. 7 Опростена схема за насочване

- P1 – реле със самозадържане посока наляво;
- P2 – реле със самозадържане посока надясно;
- P3 – освобождаващо реле;
- Рид-ампула 1 и рид-ампула 2, които са заедно и задействат или P1, или P2;
- Рид-ампула 3 задейства P3, което дава сигнал за освобождаване на P1 или P2.

В зъбния венец е поставен магнит.

На гондолата са закрепени три рид-ампули, като рид-ампула 3 е разположена на 180° спрямо другите две. При реализацията на системата са използвани електро-механични устройства за автоматизация (а не електронни) с цел минимизиране броя на отказите в условията на електромагнитни смущения и електростатични полета [8-10].



Фиг. 8 Модифицирана схема за насочването с автоматична защита против усукване на централните кабели

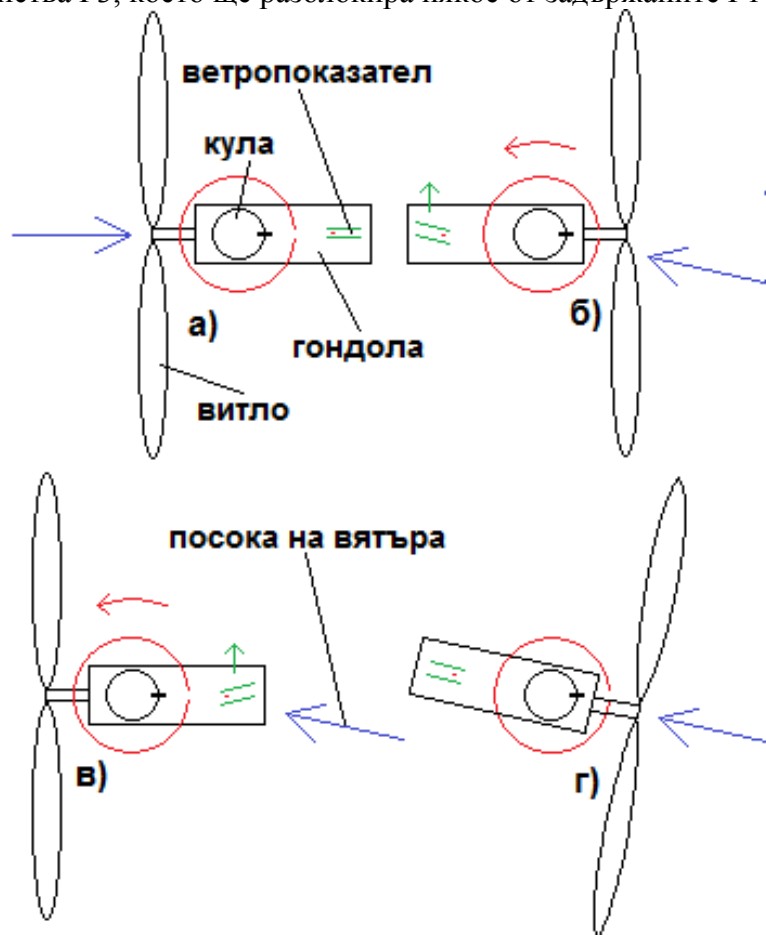
## 5. Система за насочване

Върху тялото на ветрогенератора е поставен малък ветропоказател (петле), който е ориентиран по посоката на вятъра (фиг. 9 а). Промяна на посоката на вятъра в ляво или в дясно с повече от 9° предизвиква завъртане на ветропоказателя и сработване на ключ, който променя поляритета на захранването на електродвигателя за насочване. Ветрогенераторът започва да се обръща към новата (променена) посока на вятъра до заемане на точната позиция. Изправянето на ветропоказателя предизвиква спиране на захранването на електродвигателя за насочване (фиг. 7).

### ПРИНЦИП НА ДЕЙСТВИЕ НА МОДИФИЦИРАНАТА СХЕМА

Когато вятърът завърта ветрогенератора посредством системата за насочване и рид-ампула 1 и рид-ампула 2 достигнат до магнита, ще подадат сигнал за задържане или на Р1, или на Р2 в зависимост от положението на ветропоказателя (фиг. 8). Ще започне завъртане в обратна посока (фиг. 9 б) без оглед на положението на

ветропоказателя. Въртенето ще продължи докато рид-ампула 3 достигне магнита. Тогава ще задейства Р3, което ще разблокира някое от задържаните Р1 или Р2.



Фиг. 9 Реакция на ветрогенератора при действие на системата за насочване

Ветрогенераторът ще се окаже завъртян на  $180^\circ$  (фиг. 9 в) и тогава ще намери посоката на вятъра, дозавъртайки се в същата посока (фиг. 9 г).

## ИЗВОДИ

В доклада е разработена модифицирана система за насочване на ветрогенератор по посоката на вятъра, която включва автоматично управление и защита.

Голямото предавателно число на редукторния възел спомага за плавно завъртане на ветрогенератора, а също така използва минимално количество енергия за този процес. Плавно завъртане елиминира ненужни движения на гондолата, предизвикани от флуктуации в посоката на вятъра.

Внедряването на логически схеми чрез релейни групи във ветрогенераторната система способства за безотказната работа на съоръжението. Използването на електронни компоненти е нежелателно поради наличието на атмосферни разряди и пренапрежения.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1.] <https://www.liebherr.com/en/prt/products/components/applications/wind-energy/components-for-wind-energy.html>
- [2.] <http://www.balljointbearings.com/sale-615859-worm-slewing-drive-for-construction-machines-1055x1445x182mm-slewing-ring-bearings.html>
- [3.] <http://www.incore-cables.com/wind-turbine-cables/>

- [4.] <http://www.thinkstockphotos.fr/image/fotografia-de-arquivo-inner-side-of-a-wind-turbine-pole/480935967>
- [5.] <http://www.fujikura.com/solutions/windfarm/>
- [6.] <https://www.erneuerbareenergien.de/wind-turbines-in-the-high-tech-era/150/434/87375/>
- [7.] <https://www.windpowerengineering.com/mechanical/cables-connectors/guide-selection-cables-wind-turbine/>
- [8.] Димитров В., Изследване на сензори, специфични за съвременните електрически транспортни средства, н.сп. Механика, Транспорт, Комуникации, ISSN 1312-3823, т. 12, бр. 3/2, ст. № 1012, 2014
- [9.] Dimitrova E., P. Atanasov, Dynamic fault tree. Computation of parameters – part I, IX Int. Conf. HM-2017, Zlatibor, Serbia, Proceedings, ISBN 978-86-82631-89-7, pp. B109-B114
- [10.] Dimitrova E., P. Atanasov, Dynamic fault tree. Computation of parameters – part II, IX Int. Conf. HM-2017, Zlatibor, Serbia, Proceedings, ISBN 978-86-82631-89-7, pp. B115-B122

## MODIFIED YAW SYSTEM FOR WIND GENERATOR ORIENTATION

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

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

**Key words:** *Wind generator, energy efficiency, renewable energy sources*

**Abstract:** *The utilization of energy resources from renewable energy sources is a means of achieving sustainable energy development and minimizing harmful environmental impacts. In this respect, the use of wind energy is a matter of great importance. Various wind generators find wider application and one of them has been designed and built in the Todor Kableshkov University of Transport. An average power wind turbine, weighing over 100 kg, has been designed and made. Due to the significant weight of the system, it is not appropriate to use a passive yaw system. The mass practice for large wind turbines is to use an active yaw system that includes a wind turbine and electrical drive. Both types of yaw systems have a disadvantage - torsion of power and communication cables. It is not suitable to use a ring-brush apparatus for transmitting the communication signals due to the danger of interference and the need to transmit a large number of signals. The report presents a modified yaw system that eliminates these issues. It is realized by electromechanical automation devices, which predisposes to minimize the number of faults in the conditions of electromagnetic disturbances and electrostatic fields.*