

FRI-9.3-1-THPE-07

RESEARCH FOR THE POSSIBILITIES AND AREAS FOR THE APPLICATION OF HYDROSTATIC TRANSMISSIONS FOR THE TRANSMISSION OF ENERGY FROM THE PROPELLER TO THE ELECTRO GENERATOR OF THE WIND TURBINES

Prof. Ilcho Ivanov Angelov, PhD

Department of Hydroaerodynamics & Hydraulic machines,

Technical University of Sofia

Phone: +359 887 857820

E-mail: ilangel@tu-sofia.bg

Ass. mag. eng. Petko Ivanov Kyorgogov

Department of Technical and Natural Sciences,

Technical University of Sofia

Phone: + 359 884 879887

E-mail: petkokyorgogov@abv.bg

***Abstract:** The growing need for electricity and the norms requiring this energy to be from renewable sources are at the base of the rapid development of wind generators facilities. However, one of the main problems remains the transmission and transformation of energy from the propeller to the electro generator. This paper presents research work in to for the areas of an application of the different hydrostatics transmissions depending on the wind power. The main results here are achieved by the deep analysis for the together work of the different devices like propeller, hydrostatic transmission and the electro generator. Especially attention are given here of the research characteristics which are connected with an applications and using of the types of the pumps and hydromotors which will work under high efficiency by the transport the energy in different fields depending on the rotational speed and the size of wind power.*

***Keywords:** Wind power, Wind turbines, Hydrostatic transmissions, Electro generators.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Ветрогенераторите са съвременни енергопреобразуващи съоръжения, но един от основните недостатъци е цената им и съответно дълговечността на основните машини и устройства. Проблемът с настъпващите по време на експлоатация повреди и необходимостта от отстраняването им е свързан с времето за изплащането на тези съоръжения. Нормалния период за възвръщане на първоначалните инвестиции е между 10 и 15 години. На фиг.1 е показана таблица със статистически данни за повредите в един ветрогенератор. Въпреки, че аварията на мултипликатора възникват не толкова често спрямо другите машини и съоръжения т. е. те са сравнително рядко събитие, това не успява да компенсира необходимия период за отстраняване на аварията. Този период е най-дългият от всички останали при другите машини и съоръжения, достигащ до над 7 дни, водещ до най-много загубени дни за работа на ветрогенератора. В някои случаи разходите по замяната на мултипликатор достигат до 10-15% от общите капиталовложения за един ветрогенератор. Подобен е случаят когато е налице директно свързване на витлото и електрогенератора, който е много полюсен, с ниско к.п.д. и не особено надежден. Поради тези и други причини в последните години интензивно се работи за внедряването и разработването на хидростатични трансмисии отговарящи на изискванията за надеждност и висок к.п.д. на ветрогенераторите. За да се определят най-правилно и точно вида и конфигурацията на хидростатичната трансмисия е необходимо да се изследват възможните диапазони на приложение на хидростатични предаватели в зависимост от предназначението и мощността на ветрогенераторите.



Фиг. 1. Данни за вида на повредите и времето необходимо за отстраняването им при ветрогенераторите

ИЗЛОЖЕНИЕ

Ветрогенераторите се класифицират по много параметри и видове. За целите на настоящото изследване ветрогенераторите са разгледани в зависимост от начина на предаване на енергията и мощността на ветрогенераторите. В зависимост от мощността те се разделят на малки, средни и големи, при което най-често срещаните начини за предаване на енергията без значение от големината на ветрогенератора са с директно задвижване на електрогенератора от витлото или чрез вграждането на междинно звено – мултипликатор [4].

При директното задвижване в един ветрогенератор енергията от витлото към електрогенератора се предава чрез вал. Особеността в този случай е, че при средните и големи мощности има ограничаване на оборотите на ветровото витло (до $10-12 \text{ min}^{-1}$) т.е. много ниски обороти, което е предпоставка за използването на многополюсни електрогенератори. На фиг.2 е показана принципна схема с основните машини участващи в предаването и преобразуването на енергията. Основното предимство при тази концепция е, че мултипликатора отпада като междинно звено, но същевременно многополюсните генератори са с много нисък к.п.д. и с относително големи габаритни размери.



Фиг. 2. Директно предаване на енергията във ветрогенераторите

Най-често срещаната концепция за конфигуриране на енергопредавателната система е показана на фиг.3 и включва - витло, мултипликатор, електрогенератор, честотен преобразувател и трансформатор. При тези ветрогенератори има най-много разходи при

обслужване и ремонт на машините. Основен недостатък при тези ветрогенератори е загубата на време и допълнителните разходи за специализирани машини (мобилни кранове или дори въртолети). Друг основен недостатък е необходимостта от изграждането на по-солидна основа с кула и гондола [4].



Фиг. 3. Предаване на енергията чрез мултипликатор

Алтернативно решение на традиционните методи за предаване на енергията между витлото и електрогенератора са хидростатичните предаватели [5]. Такова решение е показано на фиг.4. Много водещи производители на ветрогенератори инвестират в разработването на различни концепции използващи хидростатични предаватели [6]. Основните предимства при този вид предаватели е, че може да отпаднат мултипликаторите и честотните преобразуватели. Също така, особено при по маломощните ветрогенератори (до 200 kW) хидростатичните предаватели дават възможност електрогенераторите и всички електрически машини и съоръжения да са наземни, което ще намали първоначалните капитални, експлоатационните и ремонтни вложения [8].



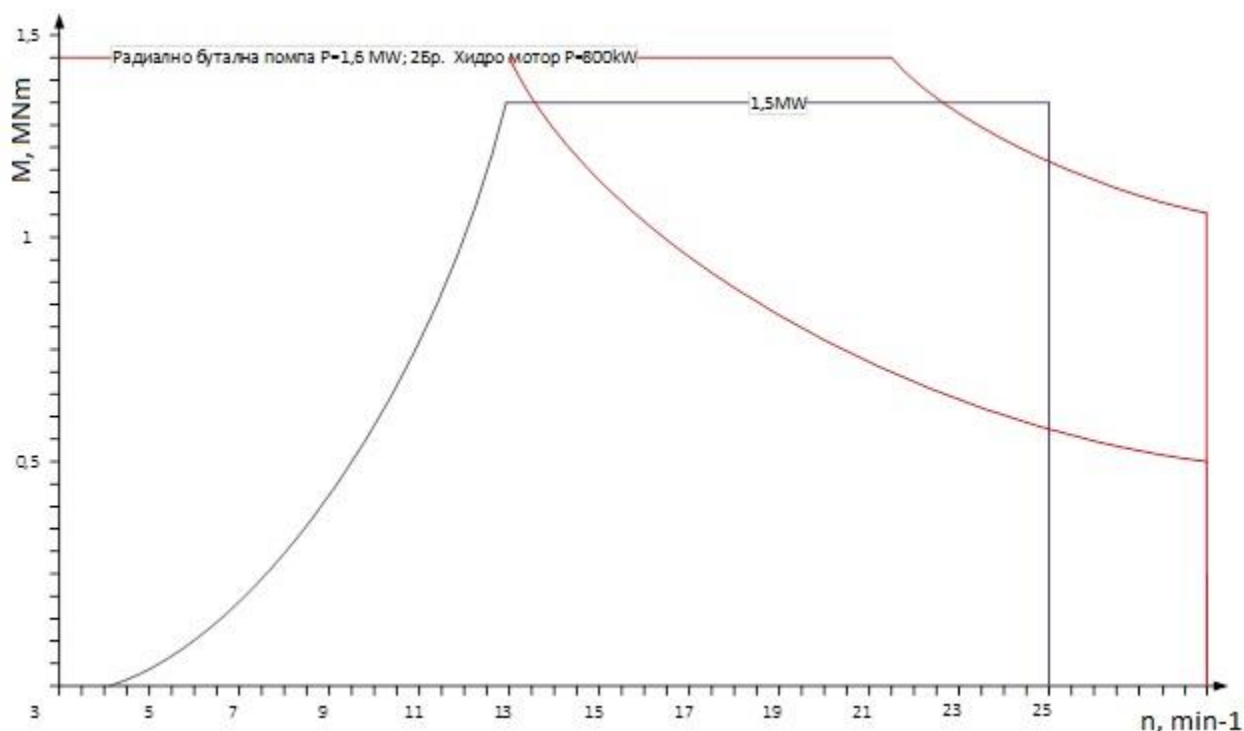
Фиг. 4. Ветрогенератор с хидростатичен предавател

С включването на хидростатични предаватели става възможно използването на синхронни генератори, при което посредством регулиране на предавателното отношение е възможно да се поддържат постоянни обороти на изхода, независимо от натоварването и входящите обороти [7].

Хидропредавателите са намерили широко приложение в пътно-строителните машини, корабостроенето и други области [3]. Особеността при тези приложения е, че са налице високи обороти на помпата и сравнително ниски обороти на хидромотора. При ветрогенераторите е обратното – ниски обороти на вала на витлото и високи обороти на електрогенератора. От гледна точка на енергопреобразуването и предаването на енергията още по важен е въпроса за коефициентите на полезно действие на помпата и хидромотора. При използването на хидростатични предаватели всички хидравлични и електрически машини се подбират така, че да работят с висок к.п.д. в широк диапазон на изменение на работните режими. Това зависи не само от качеството на самите машини, но и от оборотите и въртящият момент на помпата и хидромотора.

При ветрогенераторите с мощности по-високи от 1,5 MW витлото се върти с честота от $10\div 12 \text{ min}^{-1}$, а при ветрогенератори с мощности до около 200 kW до $80\div 100 \text{ min}^{-1}$ [7]. Това означава, че една стандартна помпа директно свързана с вала на витлото ще работи с доста нисък к.п.д. [3]. В основата на високата ефективност и качествена работа на хидростатичните предаватели е правилният подбор на подходящи хидравлични помпи и хидродвигатели. Възможните варианти са да се използват стандартни помпи и хидромотори или да се разработят нови модели и конструкции специално за внедряване във ветрогенератори [1,2].

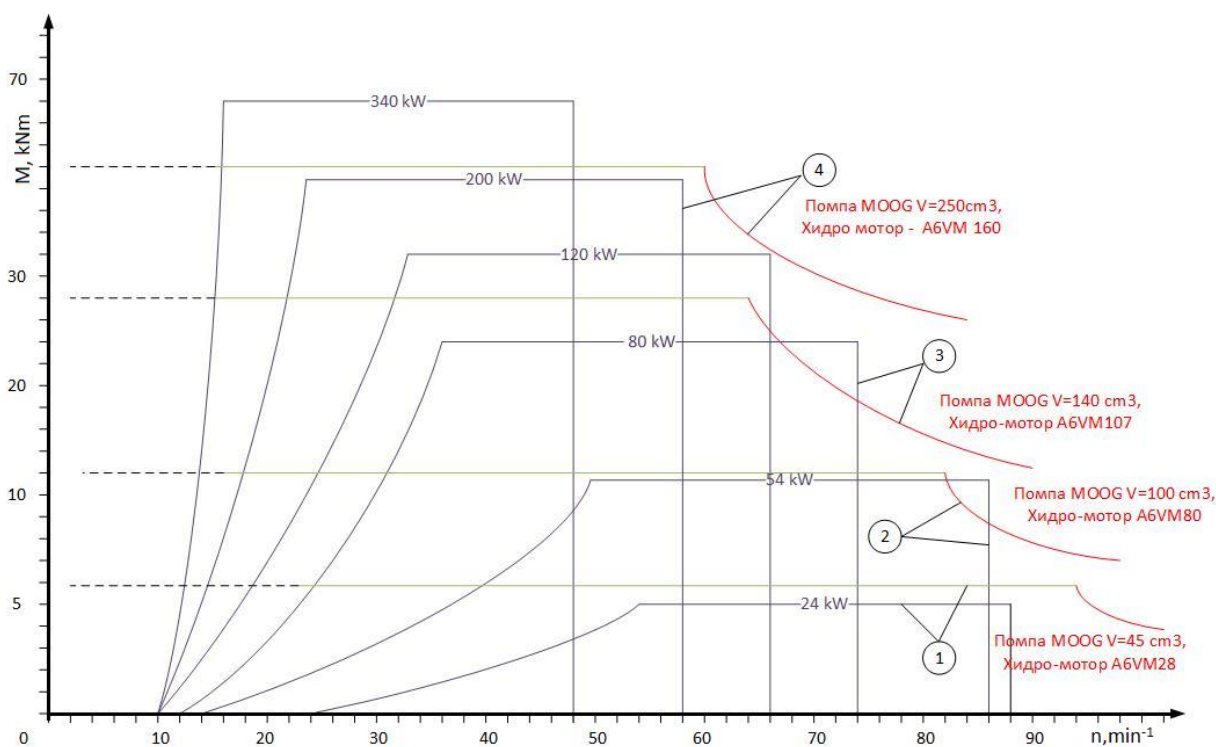
При средни и големи ветрогенератори (с мощност над 500kW) се налага използването на специално проектирани хидравлични машини, които да отговарят по мощност и съответно да работят в зони с високи к.п.д. [3,5]. На Фиг. 5 са показани характеристики на ветрогенератор с мощност 1,5 MW и хидростатичен предавател с една регулируема помпа и два регулируеми хидромотора.



Фиг. 5. Характеристика на ветрогенератор с мощност 1,5 MW с хидростатичен предавател (Digital Displacement – Artemis Intelligent Power LTD), [5]

Изследвани са характеристики на група от ветрогенератори с малка и средна мощност (между 20kW и 200 kW), при които се използват хидропредаватели със стандартни нерегулируеми помпи и регулируеми хидромотори и са показани на фиг.6. Помпите са подбрани с постоянен работен обем, а хидромоторите са с променлив работен обем и то така, че в широк диапазон на изменение на честотата на въртене на витлото на

ветрогенератора при съответната мощност да се поддържа постоянен въртящ момент на изхода към електрогенератора. За основен критерий в случая е приет избор на хидростатична трансмисия с по-голяма мощност от тази на ветровото витло.



Фиг. 6. Характеристики на малки и средни ветрогенератори с хидростатични предаватели

Анализът на направените изследвания на фиг. 6 показва, че при така подобрите помпи и хидромотори има зони на несъвместимост. При така избраният критерий за мощността на хидростатичната трансмисия (ХСТ) към тази на ветровото витло се вижда, че с увеличаване на скоростта на въртене това отношение става по-малко от единица (< 1) в областите 2, 3 и 4. Това е предпоставка за промяна на режима на работа на ветрогенератора в режим на саморазвъртане и неконтролируемо увеличение на скоростта на въртене на витлото, което води до разрушаване на цялата конструкция. При мощности над 200 kW не може да се изгради ХСТ с използване на стандартно произведени хидравлични машини и то така, че да се отговори на горепосочените изисквания.

ИЗВОДИ

При така разгледаните начини за предаване на енергията от витлото към електрогенератора може да се направи заключение, че при ветрогенератори с мощност до 200 kW е възможно да се използват стандартни хидравлични машини и стъпално регулиране на предавателното отношение. Хидростатичната трансмисия в този случай може да се конфигурира така, че хидромоторите с електрогенератора и регулиращите хидравлични и електросъоръжения да са монтирани наземно. Основно предимство в този случай се явява облекченото обслужване при експлоатация и отпадане на необходимостта от изграждане на висококачествена кула с гондола. Това ще доведе, както до понижаване на първоначалните капиталовложения при изграждане на ветрогенератори, така и на времето и цената за обслужване и ремонт на използваните хидравлични и електрически машини и съоръжения.

Направеният анализ представлява отправна точка и основание за по-подробно изследване на схемни и конструктивни решения на хидростатични трансмисии със

стъпално регулиране на предавателното отношение и приложението им при ветрогенератори с малка мощност.

REFERENCES

Angelov, I., Kyorgogov P. (2013). *Investigation of operating models of hydrostatic transmission for wind turbine at various loads of motors*. Paper presented at the Science Conference of Ruse University, (2013), Ruse.

Angelov I., Kyorgogov P. (2012). *Algorithm for the Study of hydrostatic transmission for wind turbine*. Mechanical Sciences, Sliven – 2012.

Inderelst, M., (2013). Efficiency improvements in mobile hydraulic systems. Published by the deutsche nationalbibliothek (2013), Aachen, Germany.

Ragheb, A., Ragheb, M., (2011). *Wind turbine gearbox technologies*. Paper presented at the Fundamental and advanced in wind power (2011), Copyright InTech.

Rampen, W., (2011). *High performance hydrostatic power transmission for wind turbine*. Artemis Intelligent power ltd.

Scaare, B., B. Hoernsten, F.G.Nielsen; (2011). *Energy Considerations for Wind Turbines with Hydraulic Transmission Systems*. EWEA OFFSHORE 2011, Amsterdam, Netherlands.

Schmitz, J.; Vatheuer, N.; Murrenhoff, H.; (2011). *Hydrostatic drive train in Wind Energy Plants*, EWEA 2011, Brussels, March 14-17, 2011, Brussels, Belgium, pp.20-23.

Thommsen, E., (2012). *Nacelle integrated variable hydraulic transmission*. Wind Energy (2012), Husum, Germany.