

ПРИЛОЖЕНИЕ НА PLC "SIEMENS LOGO" ПРИ УПРАВЛЕНИЕ НА ВЕТРОГЕНЕРАТОРНА СИСТЕМА

Васил Димитров, Петко Костадинов, Мартин Златков
vdimitroff@abv.bg, petko_kostadinov@abv.bg, dj_marti79@mail.bg

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

Ключови думи: Ветрогенератор, управление, PLC, Logo, енергийна ефективност

Резюме: Използването на вятъра за производство на електрическа енергия е въпрос с голямо значение. Ветрогенераторни системи с различна структура и мощност намират все по-широко приложение, като една такава е проектирана и разработена във ВТУ „Тодор Каблешков“. Функционирането ѝ води до икономия на електрическа енергия – произведената енергия се използва за захранване на маломощни консуматори (осветление, компютърна техника и др.), но същевременно са създадени условия за провеждане на научни изследвания и експерименти от докторанти и преподаватели, както и на лабораторни упражнения със студенти. В доклада е представен способ за управление на режимите на ветрогенераторната система чрез използване на PLC „Siemens Logo“. За целта е направена класификация на параметрите и задачите, които трябва да следи и изпълнява PLC. Съставен е алгоритъм за работа на програмата, изпълняваща задачите за управление, контрол и защита на съоръжението. Предоставена е възможност за ръчно управление на системата при провеждане на научни изследвания и експерименти. Възможността за промяна на ъгъла на атака създава предпоставки за построяване на семейство характеристики на ефективността на ветрогенератора във функция от ъгъла α и определяне на оптималните му стойности в зависимост от скоростта на вятъра, напрежението на акумулаторните батерии и схемата на свързване на намотките. По този начин могат да бъдат определени оптималните параметри на съоръжението при съответната скорост на вятъра и да бъдат заложили в управляващата програма на PLC.

ВЪВЕДЕНИЕ

Усвояването на вятърната енергия е един от начините за производство на екологично-чиста електроенергия, при която е сведено до минимум отделянето на парникови газове. За съжаление, обаче, изграждането на една ветрогенераторна система е свързано с влагането на много човеко-часове труд, пряко влияещи върху цената на съоръжението и рефлектиращи върху себестойността на произведената електроенергия, което може да бъде причина за отхвърлянето на този тип съоръжения като възможен

източник на електроенергия [1]. Ето защо, използването на максималния ресурс от инсталирана мощност и оползотворяването на максимална част от енергията, пренасяна от вятъра, е от съществено значение за постигането на максимална енергийна ефективност на съоръжението и ниска себестойност на произведената енергия. Постигането на висока ефективност е възможно чрез вграждане на допълнителна система в пропелера, даваща възможност за изменение ъгъла на атака на витлата за постигане на максимален въртящ момент. Оптималният ъгъл на атака зависи от множество фактори, като скорост на вятъра, ъглова скорост на пропелера, генерирано напрежение от генератора, вътрешно съпротивление на генератора, напрежение в акумулаторните батерии и други, което от своя страна налага използването на интелигентно управление, явяващо се ключово за правилното функциониране на съоръжението [1, 2]. В доклада е предложено такова управление, реализирано с програмируем логически контролер (PLC) Siemens Logo, който се явява оптимален вариант за конкретното приложение (съобразно бързодействието, възможностите на локалните входове и изходи и сравнително ниската цена) [3, 4].

КОНФИГУРАЦИЯ НА СИСТЕМАТА

За управление на системата е избран PLC LOGO 0BA8.Standart (фиг.1), който разполага с четири аналогови входа, четири цифрови входа и четири релейни изхода.

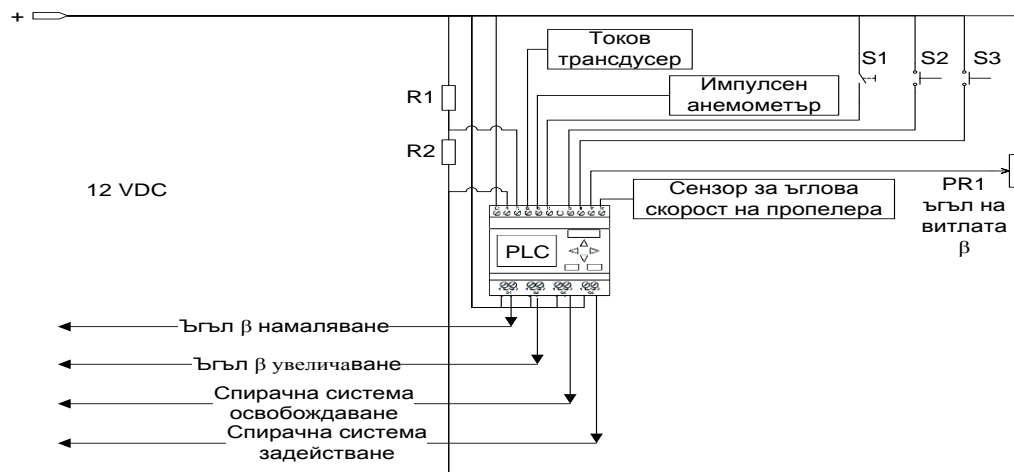
Първият аналогов вход отчита напрежението на плъзгача на потенциометър, прикрепен към механизма за промяна ъгъла на атака. След съответното преобразуване, получената величина е геометричният ъгъл „ β ” (фиг. 2), склучен между хордата на сечението на върха на витлото и равнината, дефинирана от оста на въртене на пропелера и точка от хордата на същото сечение.

Вторият аналогов вход е свързан към спомагателна намотка, монтирана в генератора, от която PLC получава информация за ъгловата скорост на пропелера. Чрез подходящо скалиране се получава стойност в удобен за работа вид.

Третият аналогов вход се използва за измерване на напрежението на акумулаторните батерии U_{AB} , а четвъртият е предвиден за измерване на зарядния ток.

Към първия цифров вход е свързан импулсен анемометър, при който честотата на импулсите е пропорционална на скоростта на вятъра.

Към останалите цифрови входове съответно са присъединени: ключ за включване и изключване на системата (S1), бутон за превключване от автоматичен към ръчен режим (S2), даващ възможност за ръчно изменение на ъгъла на атака на витлата, управление на спирачната система и превключване на намотките на генератора от звезда в триъгълник и обратно, бутон (S3) за превключване на намот-



Фиг. 1 Схема на свързване на PLC

ките на генератора от звезда в триъгълник и обратно.

Четири релейни изхода се използват за изменение ъгъла на атака на витлата, задействане при необходимост на спирачната система и превключване на намотките на генератора от звезда в триъгълник и обратно.

ДЕФИНИРАНЕ НА ФУНКЦИИТЕ НА PLC

При настъпване на определени промени в показанието на датчиците, даващи информация за скоростта на вятъра V_B , ъгловата скорост на пропелера ω - функция на периферната скорост V_{Pr} и радиуса на пропелера, ъгъла на атака на витлата α , напрежение и заряден ток на акумулаторните батерии, е необходимо програмата в PLC да подаде управляващи въздействия към изпълнителните механизми с цел привеждане на ветрогенератора в различни състояния или режими. Изборът на съответното състояние или режим става след проверка на входните параметри и определяне на приоритета на настъпилото събитие (управляващите въздействия зависят единствено от настъпилата ситуация с най-голям приоритет). Изброяването е заложено в програмата и започва с възможната ситуация с най-висок приоритет, като активирането на някоя игнорира всички следващи от списъка:

1. Привеждане на ветрогенератора в защитно състояние при висока скорост на вятъра:

- намаляване ъгъла на витлата (свеждане на скоростта на пропелера до минимум);
- задействане на спирачните системи (електродинамична и механична);
- изключване на системата за насочване.

2. Привеждане на ветрогенератора в защитно състояние при високо напрежение на акумулаторните батерии:

- програмата реагира по същия начин, както при висока скорост на вятъра.

3. Привеждане на ветрогенератора в защитно състояние при ниско напрежение на акумулаторните батерии:

- до това състояние е възможно да се стигне при дълъг период на безветрие, при който ветрогенераторът се намира в състояние на първоначално пускане, но с цел понижаване на консумацията се изключва системата за насочване.

4. Привеждане на ветрогенератора в състояние на първоначално пускане при ниска скорост на вятъра:

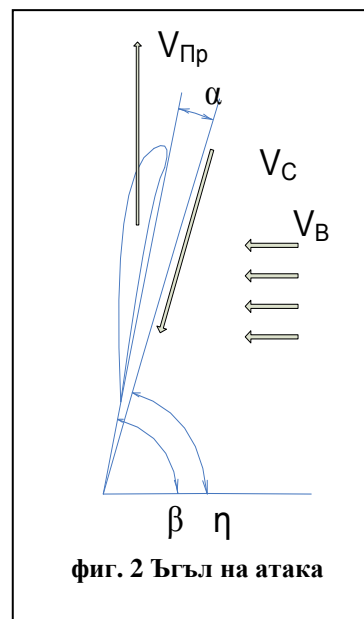
- намаляване ъгъла на витлата за осигуряване на максимална подемна сила на профила, респективно максимален въртящ момент;

5. Привеждане на ветрогенератора в работен режим:

- поддържане на оптимален ъгъл на атака α (фиг. 2), т.е. поддържане на ъгъл от $15^\circ \pm 2^\circ$, сключен между хордата на сечението при върха на витлото и вектора на сумарната скорост V_c на флуида при използване на сечението за център на отправната система;

- поддържане на коефициента на бързоходност (TSR tip-speed ratio) [5] в приемливи граници чрез превключване на намотките на генератора от звезда в триъгълник и обратно;

- визуализация на данните – скорост на вятъра, скорост на въртене на пропелера, геометричен ъгъл на витлата, ъгъл на витлата спрямо преминаващия флуид, TSR,



генерирано електродвижещо напрежение, напрежение на акумулаторните батерии, заряден ток на акумулаторните батерии и др.

АЛГОРИТЪМ НА РАБОТА НА ПРОГРАМАТА

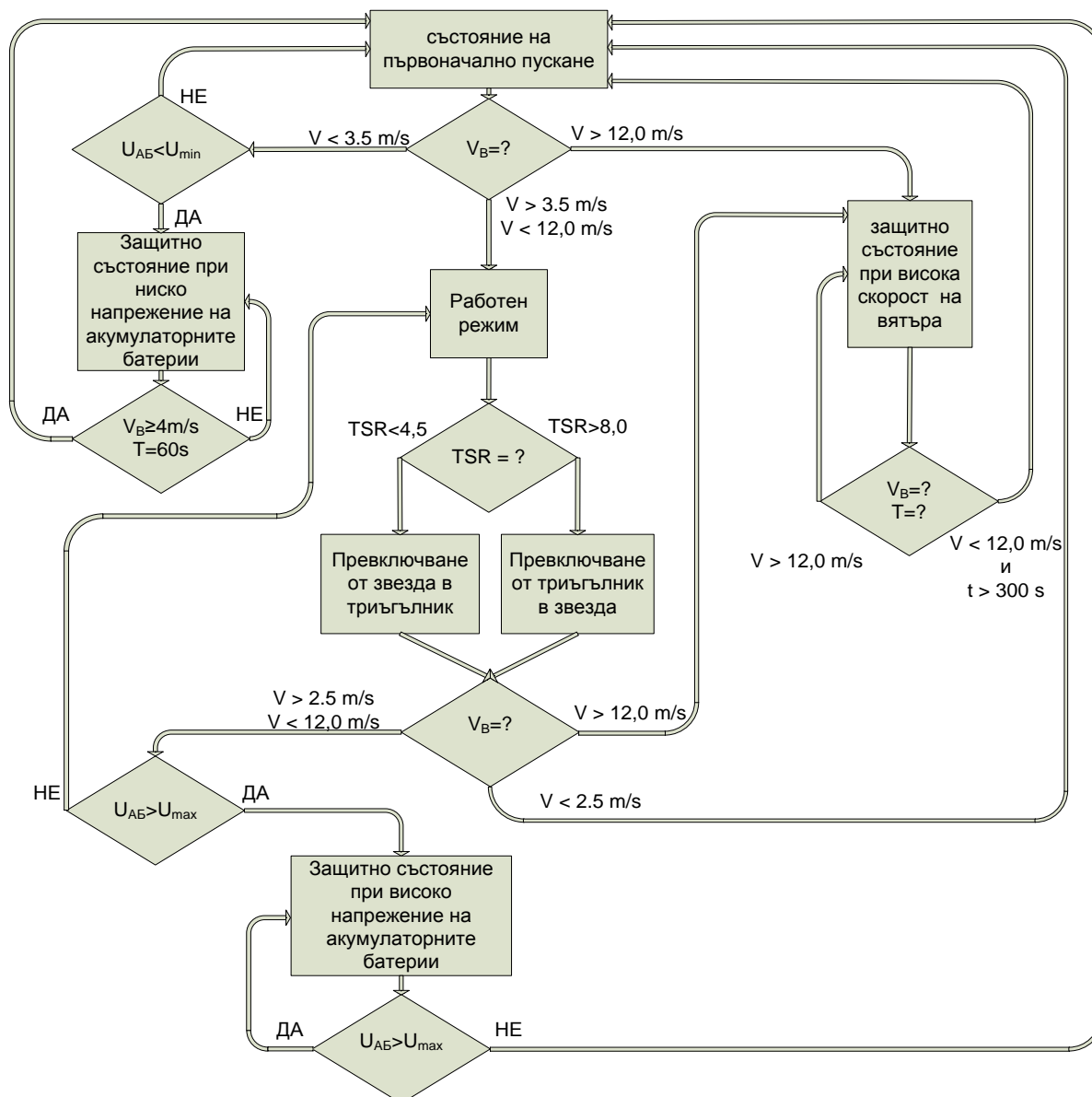
Поради факта, че не е възможно да бъде регулирана доставяната от вятъра енергия, е необходимо алгоритъмът на работа на ветрогенератора да зависи изцяло от скоростта на вятъра, респективно от носената от него енергия. Възможен начин за управление при спазване на това условие е реализиран по алгоритъм, показан на фиг. 3.

Условието за максимално лесно ускоряване на пропелера при минимална скорост на вятъра се постига чрез позициониране витлата на минимален геометричен ъгъл, който при невъртящ се пропелер съвпада с ъгъла на атака. По този начин се избягва работата на профила на витлото в режим на „свив“ (загуба на подемна сила) и се постига максимален въртящ момент, генериран от пропелера. След завъртането на пропелера, към вектора на скоростта на въздушния поток се наслагва векторът на скоростта на сечението на витлото и респективно това води до промяна ъгъла на атака. След сканиране на входовете, програмата в PLC установява, че има промяна в скоростта на въртене на пропелера и изчислява сумарния ъгъл η на векторите на скоростта на витлото и въздушния поток. След направените изчисления програмата извършва сравнение между моментната стойност на геометричния ъгъл β и сбора от стойностите на получения сумарен ъгъл и оптималния ъгъл на атака и в случай на отклонение от зададените граници програмата въздейства на изпълнителните механизми чрез изходите на контролера до достигане на стойността на геометричния ъгъл в зададените граници. Извършената корекция на ъглите α и β води до повишаване на генерирания въртящ момент, който се явява причина за следващо увеличаване оборотите на пропелера. След неколkokратно повторение на представения цикъл се стига до момент, в който генерираното електродвижещото напрежение надхвърли напрежението на акумулаторните батерии и вследствие на това протича заряден ток, който увеличава необходимия въртящ момент за въртене на ротора и системата пропелер-генератор стига до устойчиво равновесие. Тъй като генераторът захранва товар с противоелектродвижещо напрежение, по-нататъшното увеличаване на скоростта на вятъра предизвиква незначително повишаване на скоростта на пропелера, водещо до понижаване стойността на TSR. По време на всеки програмен цикъл се прави допълнителна проверка дали моментният коефициент на бързоходност е в зададените граници. При достигане на долната граница се извършва превключване намотките на генератора от схема „звезда“ в схема „триъгълник“, което понижава генерираното напрежение с $\sqrt{3}$ пъти и това дава възможност за повишаване оборотите на пропелера и коефициента TSR. Повишаването на TSR над определена граница предизвиква обратно превключване от триъгълник в звезда и привеждане на стойността му в необходимите граници. След проверката на коефициента на бързоходност се извършва проверка за скоростта на вятъра, която е с три възможни изхода:

- ако скоростта на вятъра е по-ниска от зададената минимална скорост $V_B < 2,5 \text{ m/s}$, ветрогенераторът са привежда в състояние на първоначално пускане.

- ако скоростта на вятъра е по-висока от зададената максимална скорост $V_B > 12,0 \text{ m/s}$, ветрогенераторът са привежда в защитно състояние при висока скорост на вятъра.

- ако скоростта на вятъра е в границите между $2,5 \text{ m/s}$ и $12,0 \text{ m/s}$, се извършва следваща проверка, състояща се в имерване на напрежението на акумулаторните батерии U_{AB} и ако то е в нормата, се разрешава по-нататъшната работа на ветрогенератора.



фиг. 3 Алгоритъм на работа на ветрогенератор

В случай, че напрежението на акумулаторните батерии е достигнало максимум U_{max} , ветрогенераторът се привежда в защитно състояние при високо напрежение на акумулаторните батерии. Излизане от това състояние настъпва при понижаване на напрежението, като ветрогенераторът се привежда в състояние на първоначално пускане при ниска скорост на вятъра. Престоят в състояние на първоначално пускане при ниска скорост на вятъра е възможно да продължи дълго време, водещо до разреждане на акумулаторите. С цел намаляване разхода на енергия при безветрие, ветрогенераторът се привежда в защитно състояние при ниско напрежение на акумулаторните батерии U_{min} , състоящо се в изключване на системата за насочване. Изход от това състояние настъпва, когато в период от $T=60$ s регистрираната от анемометъра скорост на вятъра V_B е по-голяма или равна на 4 m/s.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализираното управление на ветрогенераторната система дава възможност чрез събиране на данни относно генерираната мощност при различна скорост на вятъра да

се определи ефективността на пропелера и синхронния генератор. Възможността за промяна на ъгъла на атака създава предпоставки за построяване на семейство характеристики на ефективността на ветрогенератора във функция от ъгъла α . Предвидено е и превключване на намотките звезда-триъгълник и обратно. По този начин могат да бъдат определени оптималните параметри на съоръжението при съответната скорост на вятъра и да бъдат заложи в управляващата програма на PLC. Визуализацията на данни в реално време дава нагледна представа за принципа на работа и управление на ветрогенераторната система и улеснява процеса на обучение и провеждането на научни изследвания.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Димитрова Е., SCADA системи за сградна автоматизация, н. сп. “Механика, Транспорт, Комуникации”, ISSN 1312-3823, том 14, брой 3/2, статия № 1395, 2016
- [2] Dimitrov V., Dimitrova E., Using PLC for Control on Asynchronous Drives – Laboratory Simulator, 51st Int. Sc. Conf. ICEST 2016, Ohrid, Macedonia, 28 – 30.06.2016, Proceedings, ISBN 978-9989-786-78-5, pp. 471-474
- [3] Programmable Logic Controller LOGO! - Technical Data, Siemens AG, 2014
- [4] Programmable Logic Controller LOGO! - Manual, Siemens AG, 2003
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Tip-speed_ratio

APPLICATION OF PLC " SIEMENS LOGO " IN THE MANAGEMENT OF A WIND GENERATOR SYSTEM

Vasil Dimitrov, Petko Kostadinov, Martin Zlatkov
vdimitroff@abv.bg, petko__kostadinov@abv.bg, dj_marti79@mail.bg

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

Key words: *Wind generator, control, PLC, Logo, energy efficiency.*

Abstract: *The use of wind to produce electrical energy is a matter of great importance. Wind generator systems of varying structure and power are finding a wider application and one of them has been designed and built in the Todor Kableshkov University of Transport. Its operation leads to the saving of electricity - the produced energy is used to power supply of low-power consumers (lighting, computer equipment, etc.) but also creates conditions for research and tests by PhD students and lecturers as well as training the students. The report presents a way to manage wind turbine modes using a “Siemens Logo” PLC. For this purpose, a classification of the parameters and tasks to be monitored and performed by the PLC is made. An algorithm for the operation of the program for the management, control and protection of the facility is provided. An opportunity for manual management of the system during the research and tests is provided. The ability to change the angle of attack creates prerequisites for plotting a family of wind turbine performance characteristics as a function of angle α and determining its optimum according to the wind speed, battery voltage, and windings connection. In this way the optimal parameters of the facility at the respective wind speed can be determined and set in the PLC control program.*