

УДК 62-82-52-03.13

В. П. Метельский, канд. техн. наук,

И. Ю. Немудрый

О ВЫБОРЕ ТИПА ИНВЕРТОРА ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ МУЛЬТИПЛИКАЦИЕЙ

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы выбора типа инвертора для преобразователя частоты для ветроэлектростанций с аэродинамической мультипликацией. Показано, что реализация режимов компенсации зарядной емкости линии электропередачи, связывающей ветроэлектростанцию с энергосистемой, возможна двумя типами инверторов – автономным и ведомым сетью. Установлено, что использование многофазных ведомых сетей инверторов совместно с преобразователем повышающего напряжения обеспечивает минимальную стоимость преобразователя частоты при удовлетворительной электромагнитной совместимости.*

***Ключевые слова:** ветроэлектростанция, аэродинамическая мультипликация, многофазный инвертор, ведомый сетью инвертор, автономный инвертор*

V. P. Metelsky, PhD,

I. Y. Nemudry

ABOUT SELECTION OF TYPE OF INVERTER FOR FREQUENCY CONVERTERS FOR WIND POWER EQUIPMENT WITH AN AERODYNAMIC ANIMATION

***Abstract.** The issues concerning the selection of the type of inverter for frequency converters for wind power equipment with aerodynamic animation. It is shown that the implementation of the modes of compensation of the charge capacity of a transmission line connecting the wind plant to the power system, possibly by two types of inverters – standalone and slave network. It is established that the use of multiphase slaving by a network of inverters together with the Converter increases voltage provides the minimal cost of the frequency Converter with satisfactory to electromagnetic compatibility.*

***Keyword:** wind power equipment, aerodynamic animation, multiphase inverter, slaving by a network inverter, standalone inverter*

В. П. Метельський, канд. техн. наук,

І. Ю. Немудрий

ПРО ВИБІР ТИПУ ІНВЕРТОРУ ДЛЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ ВІТРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ З АЕРОДИНАМІЧНОЮ МУЛЬТИПЛІКАЦІЄЮ

***Анотація.** Розглянуті питання вибору типу інвертора для перетворювача частоти для вітроелектростанцій з аеродинамічною мультиплікацією. Показано, що реалізація режимів компенсації зарядної ємності лінії електропередачі, що з'єднує вітроелектростанцію із енергосистемою, можливе двома типами інверторів – автономним і керованим мережею. Встановлено, що використання багатофазних керованих мережею інверторів разом з перетворювачем підвищення напруги забезпечує мінімальну вартість перетворювача частоти при задовільній електромагнітній сумісності.*

***Ключові слова:** вітроелектростанція, аеродинамічна мультиплікація, багатофазний інвертор, керований мережею інвертор, автономний інвертор*

Вступление. Современное развитие ветроэнергетики характеризуется интенсивным строительством мощных ветроэлектростанций (ВЭС) [1]. В Украине объявлена программа ДТЭК «ООО ВИНД ПАУЭР» о строительстве ряда ветропарков суммарной мощностью 14 ГВт, первая очередь которой мощностью 79 МВт вступила в строй (Ботиевская ВЭС, Запорожская обл., Украина) с турбинами V112-30 (фирма Vestas Central Europe) мощностью 3 МВт.

ПФГ «Конкорд» создала ряд перспективных ветроэлектростанций (ВЭУ) с аэродинамической мультипликацией ВЭУ АМ типа ТГ-750М и ТГ-1000, основной особенностью которых является возможность работы на сеть без преобразователей частоты в широком диапазоне изменения скорости ветрового потока.

Указанные установки укомплектованы полностью оборудованием отечественного производства [4].

Обзор материалов. В [5, 6] показано, что для повышения эффективности ВЭУ АМ необходимо использовать вспомогательный преобразователь частоты (ПЧ) при скоростях ветрового потока ≤ 5 м/с или на полную мощность при использовании высокочастотных генераторов.

Поскольку ВЭУ АМ как безмультипликаторная система имеет относительно низкую себестоимость, то вариант выбора ПЧ существенно влияет на себестоимость ВЭУ.

Целью статьи является обоснование выбора типа инвертора в ПЧ для ВЭУ АМ.

Основные результаты исследований. Современная тенденция развития ВЭУ показывает, что наиболее целесообразным является использование ПЧ со звеном постоянного напряжения [2, 6, 7, 8]. При этом

возможно использование неуправляемых выпрямителей в сочетании с автономным инвертором (АИН) или ведомым сетью инвертором (ВСИ). В обоих случаях необходим импульсный преобразователь повышающего напряжения (ИППН) для обеспечения напряжения в звене постоянного напряжения, соответствующего напряжению сети.

Эффективность строительства мощных ВЭС решается комплексно с учетом строительства линии электропередачи (ЛЭП), соединяющей ВЭС и энергосистему. Такие линии строятся, как правило, на напряжение 110 кВ и выше.

Особенностью такой линии является наличие зарядной емкости, для компенсации которой используются управляемые и неуправляемые шунтирующие реакторы (ШР), что приводит к удорожанию ЛЭП [9].

Установлено, что корректным выбором параметров согласующих трансформаторов при использовании многофазных ВСИ совместно с ИППН обеспечивается достаточно высокий коэффициент мощности и КПД при хорошей электромагнитной совместимости с сетью при работе с минимальным углом опережения включения инвертора [10]. Обладая отстающим коэффициентом мощности, ВСИ позволяет также относительно просто регулировать потоки индуктивной мощности, выполняя функции компенсации зарядной емкости. Это позволяет исключить или существенно уменьшить установленную мощность ШР. Относительно высокое быстродействие ($3,3 \div 0,8$ мс) ВСИ позволяет существенно улучшить работу ЛЭП при однофазном КЗ и снизить уровень перенапряжений при включении ЛЭП.

Аналогичные функции могут быть выполнены при использовании ПЧ с АИН. Однако стоимость АИН существенно выше, чем ВСИ. Использование ВЭУ АМ в автономном режиме также требует использования ПЧ с АИН.

Выводы. Наличие в Украине производственной базы низкочастотных тиристоров, опыта производства и эксплуатации ВСИ с учетом требования снижения себестоимости ветроэнергетики позволяет, с учетом изложенного, рекомендовать использование многофазных ВСИ в составе ПЧ для ВЭУ АМ.

Список использованной литературы

1. Jonson G., (1985), *Wind Energy System*, New York, No.4, *Prentice Hall*, 421 p.
2. Zitao Wang, Luichen Chang, and Maigin Mao, (2008), DC Voltage Sensotless Control Strategy for Three Phase Grid – Connected Invertors, *EEE – 4-108*, pp. 323 – 329
3. Нойбергер Н. Состояние и перспективы развития ветроэнергетики / Н. Нойбергер, О. Нолле, Г. Г. Пивняк // *Электротехнические и компьютерные системы*. – Одесса : Техника. – 2010. – № 3 (79). – С. 362 – 364.
4. Голубенко Н. С. Тенденции развития ветроэнергетики и безмультипликаторные ветровые установки / Н. С. Голубенко, С.М. Довгалоук, А. М. Фельдман, В. А. Цыганов // *Материалы IV международной*

конференции [«Нетрадиционная энергетика XXI века»] – Крым, Гурзуф. – 2003. – С. 68 – 74.

5. Голубенко Н. С. Моделирование электромеханической системы ВЭУ с аэродинамической мультипликацией в режиме стабилизации скорости ветротурбин / Н. С. Голубенко, Д. Г. Алексеевский, П. Д. Андриенко, И. Ю. Немудрый // *Электротехника и электроэнергетика*. – 2011. – № 1. – С. 70 – 74.

6. Андриенко П. Д. Схема преобразования электрической энергии в ветроэнергетических установках с аэродинамической мультипликацией / П. Д. Андриенко, В. П. Метельский, И. Ю. Немудрый // *Электро-механические и энергосберегающие системы*. Тематич. выпуск «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика». – 2012. – № 3 (15). – С. 612 – 614.

7. Schreiber D., (2007), *Power Electronics for Wind Application*, *Wind Power, Asia*, pp. 15 – 16.

8. Андриенко П. Д. Использование высокочастотных генераторов для повышения мощности ВЭУ с аэродинамической мультипликацией / П. Д. Андриенко, В. П. Метельский, И. Ю. Немудрый // *Электро-механические и компьютерные системы*. – Одесса : – Техника. – 2013. – № 10 (86). – С. 45 – 49.

9. Дементьев Ю. А. Применение управляемых статических компенсирующих устройств в электрических сетях / Ю. А. Дементьев, В. И. Кочкин, А. Г. Мельников // *Электричество*. – 2003. – № 9. – С. 2 – 10.

10. Шипилло В. П. Влияние тиристорного электропривода на питающую сеть / В. П. Шипилло // *Электротехническая промышленность. Серия «Электропривод»*. – 1970. – Вып. 1.

Получено 16.06.2014

References

1. Jonson G., (1985), *Wind Energy System*, New York, No. 4, *Prentice Hall*, 421 p.
2. Zitao Wang, Luichen Chang, and Maigin Mao, (2008), DC Voltage Sensotless Control Strategy for Three Phase Grid – Connected Invertors, *EEE – 4-108*, pp. 323 – 329
3. Noiberher N., Nollée O., and Pivnyak G.G. Sostoyanie i perspektivi razvitiya vetroenergetiki [State and Prospects of Development wind Energy], (2010), *Electrotechnicheskie i Kompyuternie Sistemi*, Odessa, Ukraine, *Technica*, No. 3(79), pp. 362 – 364.
4. Golubenko N.S., Dovgalyuk S.M., Feldman A.M., and Tciganov V.A. Tendentsii razvitiya vetroenergetiki I bezmultiplikatornie venrovie ustanivki [Trends in the Development of wind Energy and Ezmultiplexer wind Power Equipment without Animation], (2003), *Materiali IV Mezhdunarodnoi Konferentsii [“Netraditcionnay energetik XXI age”]*, Krim, Gurzuf, Ukraine pp. 68 – 74 (In Russian).
5. Golubenko N.S., Alekseevskiy D.G., Andrienko P.D., and Nemudriy I.Y. Modelirovanie elektromehani-cheskoy sistemi VEU s aerodinamicheskoy multiplikaqt-ciey v rezime stabilizacii skorosti vetroturbin [Modeling of Electromechanical Systems of WEE with Aerodynamic

Animation in the mode of Stabilization Speed of the wind Turbines], (2011), *Elektrotehnika and Elektroenergetika*, No. 1, pp. 125 – 132 (In Russian).

6. Andrienko P.D. Shema preobrazovaniya electriceskoy energii v vetroenergeticheskikh ustanovkakh s aerodinamicheskoy multiplikatsiyey [The Scheme of Transformation of Electric Energy in wind Power Equipment with the Aerodynamic Animation], (2012), *Electromechanicheskie i Energoberegayuschie Sistemy*. Tem. Vipusk "Problemi Avtomatizirovannogo Electroprivoda. Teoriya i Practica", No. 3 (15), pp. 612 – 614 (In Russian).

7. Schreiber D., (2007), Power Electronics for Wind Application, *Wind Power, Asia*, pp. 15 –16.

8. Andrienko P.D., Metelskiy V.P., and Nemudry I.Y. Iapolzovanie visokochastotnih generatorov dlya povisheniya VEU s aerodinamicheskoy multiplikatsiyey [The use of High-Frequency Generators for Increasing Capacity of WEE with Aerodynamic Animation], (2013), "*Elektromechanicheskie and Kompyuternie Sistemy*", Odessa, Ukraine, *Technica*, No.10 (86), pp. 45 – 49 (In Russian).

9. Dementiev Y.A., Kochkin V.I., and Melnikov A.G. Primenenie upravlyaemih staticheskikh kompensiruyuschih ustroystv v elektricheskikh setyah [Application of Managed Static Compensating Devices in Electric Networks], (2003), Moscow, Russian Federation, *Electricheatvo*, No. 9, pp. 2 – 10 (In Russian).

10 Shipillo V.P. Vliyanie tiristornogo elektroprivoda na pitayuschuyu set [The Effect of the Thyristor Electric Drive on the Supply Mains], (1970), *Elektrotehnicheskaya Promishlennost. Seriya Elektroprivod*, Vol. 1(In Russian).



Немудрый
Игорь Юрьевич,
аспирант Запорожского нац.
технич. ун-та, ведущий
инженер ООО «НИИ
«Преобразователь».
Тел. (061) 764-46-25.
E-mail: igor_nemudry@ukr.net



Метельский
Владимир Петрович,
канд. техн. наук, декан
электротехнического факуль-
тета, зав. каф. электроснабже-
ния промышленных предпри-
ятий Запорожского нац. тех-
нич. ун-та.
Тел.(061) 764-46-25.
E-mail: nikanto@mail.ru