

На текущий момент уже сформирована защита от однофазных коротких замыканий со 100 % эффективностью. Дальнейшее развитие программы ведётся в обучении более сложным режимам. Если программа докажет в свою эффективность при работе и с такими режимами, то данный факт откроет возможность её применения в промышленности.

Литература

1. Тарик Рашидов. Создаем Нейронную сеть. - Москва: Вильямс, 2018. - 272 с.
2. Tripathy M., Maheshwari R. P., Verma H. K. Power transformer differential protection based on optimal probabilistic neural network //IEEE transactions on power Delivery. – 2009. – Т. 25. – №. 1. – С. 102-112.
3. Jincheng Y. et al. Fault Prediction of Intelligent Electricity Meter Based on Multi-Classification Machine Learning Model //2021 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Computer Applications (ICAICA). – IEEE, 2021. – С. 293-297.

**АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ТИПА 3 И 4**

**Едакин К.И., Арефьев П.В.**

Научный руководитель доцент А.А. Суворов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

На сегодняшний день глобальное потепление стало одной из самых обсуждаемых экологических проблем этого столетия, и для борьбы с ростом парниковых газов, многие страны стали участниками Парижского соглашения от 2015 года, согласно которому каждое государство должно приложить усилия для поддержания уже достигнутого уровня глобальной температуры [1]. И одним из основных способов решения поставленной задачи является внедрение альтернативных источников энергии, чей фундамент зиждется на силовой электронике.

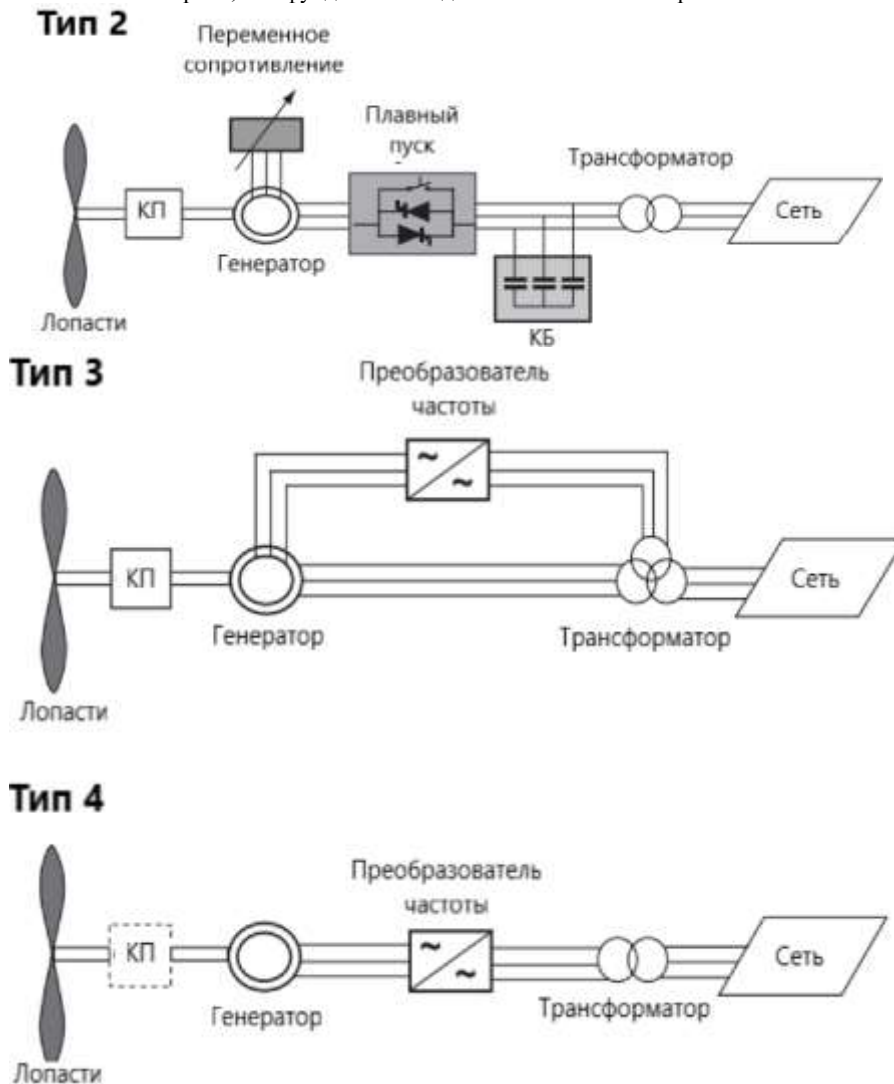


Рис. 1. Конфигурации ветроэнергетических установок в зависимости от регулировки скорости.  
Примечание: КБ – конденсаторная батарея; КП – коробка передач [2]

#### **Типы ветряных турбин.**

Хоть в данной статье основной задачей является сравнение типов 3 и 4, но последние три типа обладают общей чертой – это переменная скорость вращения турбины, вследствие чего возникает необходимость осуществить анализ и типа 2.

Тип 2 (ограниченная переменная скорость) использует асинхронный генератор с намотанным ротором, что позволяет регулировать выходную мощность и скольжение. Плавный пуск позволяет регулировать пусковые параметры генератора, повышая его срок службы, а конденсаторные батареи являются компенсатором реактивной мощности. В данном случае генератор напрямую связан с сетью.

Тип 3 (переменная скорость с частичным преобразованием) использует асинхронный генератор с двойным питанием, который является все тем же асинхронным генератором с намотанным ротором, однако в отличие от типа 2, где сопротивление регулируется управляемым оптическим преобразователем, здесь остаются контактные кольца и преобразователь подсоединяется к роторной схеме. В данном случае используется преобразователь частоты, основанный на силовой электронике. Через преобразователь частоты проходит около 30 % от вырабатываемой номинальной мощности, называемой мощностью скольжения (равной произведению электромагнитной мощности на скольжение генератора). Назначение преобразователя частоты – это компенсация реактивной мощности и плавное подключение к сети.

Тип 4 (переменная скорость с полным преобразованием) использует следующие генераторы: асинхронный генератор с намотанным ротором, синхронный генератор с обмотанным ротором и синхронный генератор с постоянными магнитами. Также его особенностями являются: 1) возможность не устанавливать коробку передач при использовании многополюсного синхронного генератора с прямым приводом, поскольку в отличие от ветряных турбин с редукторным приводом, генераторы с прямым приводом вращаются медленно, и для обеспечения определенной мощности необходимо создавать более высокий крутящий момент, а это ведет к увеличению размера и установки большого количества полюсов. В результате упрощается трансмиссия и убирается коробка передач [5]; 2) подключение к сети через преобразователь частоты (если в типе 3 преобразователь частоты подключался к роторной обмотке, то в типе 4 он подключается к статору), что приводит к компенсации реактивной мощности и более плавному запуску.

#### **Разбор полетов.**

Тип 2 способен работать при переменной скорости, но не способен изменять свой диапазон так, как это делают типы 3 и 4, однако благодаря своей структуре с использованием оптически управляемого преобразователя, не приходится увеличивать затраты на контактные кольца, которые часто приходится менять и обслуживать.

Тип 3 способен регулировать синхронную скорость вращения в диапазоне от -30% до +40%, но при этом в отличие от типа 2 в нем используются контактные кольца и дополнительная защита при возмущениях в сети, что удорожает установку и использование ветроэнергетического объекта [1].

Тип 4 способен изменять скорость вращения во всем диапазоне, не ограничивая себя как тип 3. И в качестве генератора возможно использование 3 разных вариантов, а если подобрать синхронный многополюсный с прямым приводом можно отказаться и от коробки передач.

Возникает большой вопрос: почему покупатели выбирают тип 3, а не тип 4? Но как мы знаем электроэнергетика экономичнее друг самый близкий. Все дело в стоимости: при протекании всей выработанной мощности через преобразователь происходят большие потери, а также появляется необходимость покупать достаточную по своим номинальным параметрам силовую электронику. Тогда, как в типе 3 можно сэкономить на силовой электронике, с учетом возможности уменьшения размеров преобразователя.

#### **Заключение.**

Именно с развитием силовой электроники стало возможным создание типов 3 и 4, имеющих большие возможности в сравнении с типом 2. И на данной ноте мир не останавливается, продолжая модернизировать и создавать новые тиристоры и транзисторы, являющиеся основой преобразователей частоты.

#### **Литература**

1. Вирт Д.А. Парижское соглашение: новый компонент климатического режима ООН. // Вестник международных организаций. – 2017. – Т. 12, № 4. – С. 185-214.
2. European Wind Energy Association. Large scale integration of wind energy in the European power supply: analysis, issues and recommendations. – Brussel, 2015. – 234 p.
3. Large scale integration of wind energy in the european power supply: analysis, issues and recommendations // ewea the european wind energy association: сайт. – URL: [https://energy.ec.europa.eu/system/files/2015-02/2005\\_ewea\\_large\\_scale\\_integration\\_0.pdf](https://energy.ec.europa.eu/system/files/2015-02/2005_ewea_large_scale_integration_0.pdf) (дата обращения: 23.03.2023)
4. Dustin F. H. Short-circuit currents in wind-turbine generator networks: specialization School of Electrical and Computer Engineering: dissertation for the competition Doctor of Philosophy / Dustin F. Howard. – Georgia, 2013. – 248 p.
5. Rashmi R. Permanent Magnet Synchronous Generator Configuration in Wind Turbines – Technological status review, survey and market trends. / R. Rashmi, V. Ramanujan, M. Purushotham // International Journal of Scientific & Engineering Research: electronic journal. – URL: <https://www.ijser.org/paper/Permanent-Magnet-Synchronous-Generator-Configuration-in-Wind-Turbines.html>. – Date of publication: 23.02.2015. – ISSN 2229-5518