

УДК 620.9

Хамидов Ш.В.

Танирбергенов Р.М.

Ташкентский государственный технический университет имени

Ислама Каримова

г. Ташкент, Республика Узбекистан

ГИБКОСТЬ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ КАК ОСНОВНОЙ КРИТЕРИЙ ПРИ РАЗВИТИИ СЕКТОРА ВИЭ

Резюме. В статье рассмотрена необходимость критерия гибкости энергосистемы при внедрении возобновляемых источников энергии в энергосистему. Приведены основные барьеры при интеграции ВИЭ в энергосистему. Показан график изменения мощностей энергосистемы при внедрении ВИЭ на примере энергосистемы Италии и Германии. Изучены существующие и необходимые меры для поддержания гибкости энергосистемы для дальнейшего развития сектора возобновляемых источников энергии. Исследованы виды резерва мощностей для поддержания нормального режима энергосистемы с возобновляемыми источниками энергии энергетики и перспективы её развития.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, солнечная и ветровая энергетика, барьер, интеграция, энергосистема, гибкость энергосистемы, резерв мощностей.

Khamidov Sh. V.

Tanirbergenov R. M.

Tashkent State Technical University named after Islam Karimov

Tashkent, Republic of Uzbekistan

THE FLEXIBILITY OF THE ENERGY SYSTEM AS THE MAIN CRITERION FOR THE DEVELOPMENT OF THE RENEWABLE ENERGY SECTOR

Summary. The article considers the need for a criterion for the flexibility of the energy system when introducing renewable energy sources into the energy system. The main barriers to the integration of renewable energy into the energy

system are given. The graph of the power system capacity changes during the introduction of renewable energy is shown on the example of the power system of Italy and Germany. Existing and necessary measures have been studied to maintain the flexibility of the energy system for the further development of the renewable energy sector. The types of capacity reserve for maintaining the normal regime of a power system with renewable energy sources of the energy sector and the prospects for its development are investigated.

Key words: renewable energy sources, solar and wind energy, barrier, integration, energy system, flexibility of the energy system, power reserve

До недавнего времени по целому ряду причин, прежде всего из-за огромных запасов традиционного энергетического сырья, вопросам развития использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в энергетической политике развивающихся стран уделялось сравнительно мало внимания.

В последние годы ситуация стала заметно меняться. В связи с ограниченностью мировых топливных ресурсов, интенсивными темпами развития отраслей экономики и ростом населения стран, а также с нарастанием катастрофических изменений в атмосфере и биосфере планеты появилась необходимость постепенного перехода на альтернативные источники энергии.

Для покрытия возрастающего потребления в энергии (электроэнергии), необходимо строительство новых генерирующих источников при соблюдении экологических требований. В этой ситуации решением является внедрение возобновляемых источников энергии. И связи с этим солнечная и ветровая энергетика играют огромную роль в секторе ВИЭ.

Солнечное и ветровая энергетика становится важной частью при выработке электроэнергии во многих регионах в связи с быстрым снижением затрат и политикой в пользу возобновляемых источников энергии без выбросов. Установленная мощность солнечной и ветровой энергии выросла в геометрической прогрессии за последние два десятилетия. Но при

реализации таких широкомасштабных внедрении ВИЭ появляются так называемые «барьеры».

В частности, эти «барьеры» включают:

- **Высокие затраты:** например, солнечные фотоэлектрические (PV) и концентрирующие солнечные электростанции (CSP) вырабатывают электроэнергию по ценам, значительно превышающим затраты на электроэнергию, производимую на ветряных или ископаемых электростанциях.

- **Передача:** Линии электропередачи передают электроэнергию от электростанций в города, промышленность и другие места, где это необходимо. Как объясняется ниже, ветряные и солнечные электростанции в коммунальном масштабе часто расположены более удаленно, чем электростанции, работающие на ископаемом топливе. Следовательно, они требуют строительства новых дорогостоящих и спорных линий электропередачи.

- **Изменчивость / периодичность:** ветер и солнце являются переменными ресурсами, что означает, что их доступность в качестве источника энергии колеблется из-за погодных условий.

При этом основной задачей диспетчеров является задача поддержания баланса энергосистемы, поскольку выработка из этих переменных форм возобновляемой энергии (vRES) сильно колеблется и неопределенна в их производстве. Поэтому возникают новые проблемы для работы энергосистемы. Баланс системы должен поддерживаться в любой момент, хотя выход электроэнергии из этих новых источников изменяется очень быстро и может быть предсказан только с неопределенностью [1].

Особенно генерация ветра и солнца колеблется в течение дней и недель и не может быть точно предсказана. Рис. 1. иллюстрирует большие изменения, с которыми столкнется будущая полезная нагрузка. Это создаст дополнительные проблемы для энергосистемы:

- Управляемая часть энергосистемы должна быть в состоянии сбалансировать предстоящие колебания и результирующие изменения в различных временных масштабах.

- Изменение нагрузки и генерация переменных покажут отклонения от их прогнозов. Это приводит к неопределенности в оперативном планировании, которая должна быть обработана [2].

Что касается временной проблемы, планирование энергосистем должно столкнуться с ситуациями экстремальных крутых скачков. В качестве примера показано, что одним из самых критических моментов дня является ранний вечер: солнце и, следовательно, выработка электроэнергии из PV снижается, а спрос в то же время растет. Калифорнийские системные операторы назвали этот эффект «кривой уткой».

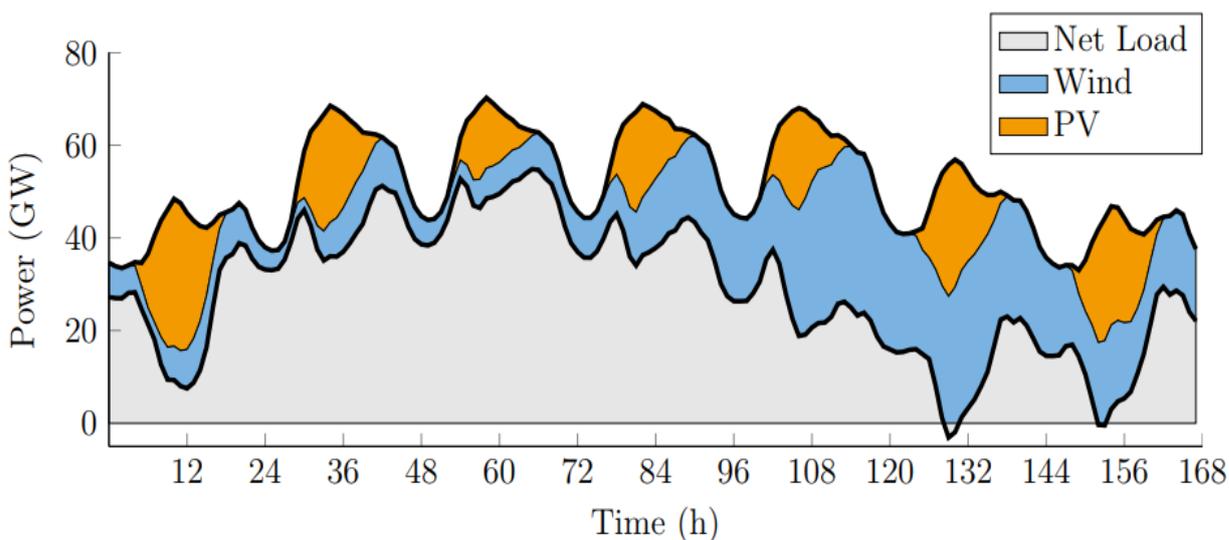


Рисунок 1. Иллюстрация изменения линейной нагрузки в энергосистеме с высокой долей энергии ветра и солнца

Еще одна серьезная проблема в интеграции возобновляемых источников энергии - это новое пространственное расхождение генерации и нагрузки. Система атомных и ископаемых электростанций приводит к пространственной конвергенции генерации и спроса, поскольку электростанции могут быть построены вблизи центров нагрузки. Поскольку ветровая и солнечная генерация сильно зависят от местоположения,

внедрение vRES требует транспортировки электроэнергии на большие расстояния.

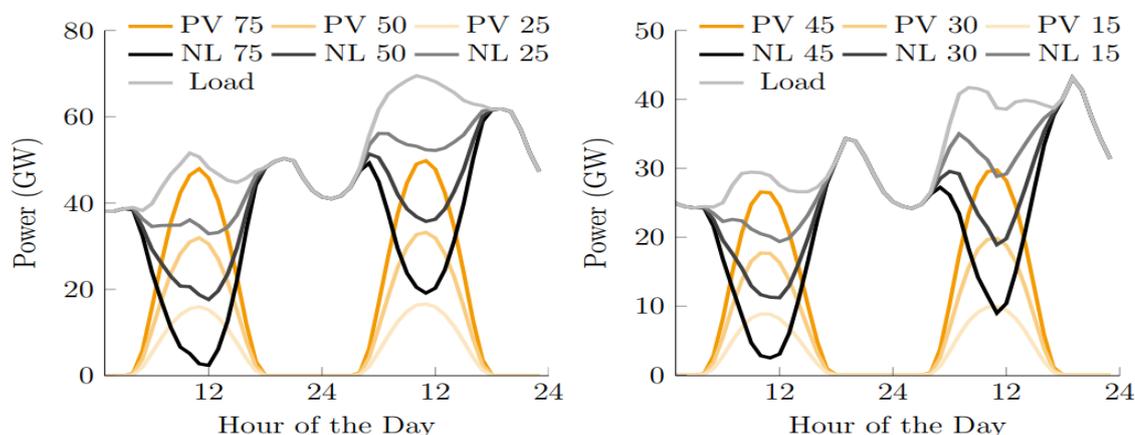


Рисунок 2. Кривые «утки» (темно-серый, NL=чистая нагрузка) для Германии (лев.) и Италии (прав.) для различных установленных мощностей PV (оранж., PV в ГВт)

Рис. 2. иллюстрирует ситуацию для Германии и Италии и демонстрирует проблему, с которой сталкиваются операторы системы. На рисунке показаны нагрузки, чистая нагрузка (NL) и генерация PV для воскресенья и следующего понедельника. В то время как в Германии спрос только возрастает в выходные дни, в Италии эффект сильно выражен для обоих дней: чистая нагрузка возрастает с примерно 10 ГВт до 45 ГВт в течение нескольких часов в сценарии с максимальными установками фотоэлектрических систем - 45 ГВт. Это резкое увеличение является примером линейного изменения нагрузки, которое должно быть обеспечено за счет увеличения выходной мощности онлайн-генераторов (горячий резерв) и запуска дополнительных генераторов (третичный резерв) [3].

Такие колебания должны быть сбалансированы системой остаточной мощности оставшихся управляемых генераторов и хранилищ. Способность

выполнять это действие балансировки путем адаптации к изменяющимся и неожиданным ситуациям можно назвать гибкостью энергосистемы.

Поэтому хранение энергии имеет важное значение для поддержания гибкости энергосистемы. Пики и впадины спроса часто можно предвидеть и удовлетворить, увеличив или уменьшив выработку за довольно короткий срок. В низкоуглеродной системе прерывистая возобновляемая энергия (iRES) усложняет варьирование выработки, а рост спроса не обязательно соответствует увеличению выработки ВИЭ. Для обеспечения гибкости энергосистемы и ее стабильности, а также для того, чтобы справляться с растущим использованием прерывистого ветра и солнечного электричества необходимы более высокие уровни накопления энергии. Умные города, являющиеся ключевой целью энергетической политики, которые требуют умных сетей и интеллектуальных хранилищ.

Хранение энергии является устоявшейся технологией. Насосные гидроаккумулирующие системы (PHS - Pumped Hydro) были привлекательными и необходимыми, когда европейские сети состояли в основном из большого числа региональных сетей с очень слабыми взаимосвязями.

Сегодня современные электростанции на основе ископаемого топлива (и особенно комбинированные циклы на природном газе - ПГУ) становятся все более и более гибкими. Скорость их роста в ответ на быстрые изменения спроса растет. Они могут обеспечить надежное и гибкое резервное питание. Следовательно, в краткосрочной перспективе хранение электроэнергии должно заполнить разрыв между временем нарастания ветра и солнечной энергии и временем нарастания этих резервных установок. Задача состоит в том, чтобы увеличить существующие емкости хранения и повысить эффективность.

Поэтому хранение газа тесно связано с хранением электроэнергии.

Так как, газ является важным топливом для производства электроэнергии, и электростанции, работающие на природном газе, имеют

очень высокую эффективность (более 60% для наилучшей имеющейся технологии), очень высокую гибкость и низкие выбросы CO₂ (замена старой угольной электростанции на природный газ). Электростанция снижает выбросы CO₂ на кВтч до 80%. В будущем закачка биогаза и водорода в сеть природного газа и более долгосрочная коммерциализация улавливания и хранения углерода будут способствовать дальнейшему обезуглероживанию выработки электроэнергии на газе.

Действительно, расширение электростанций, работающих на природном газе, повышение эффективности и снижение затрат на гибкие турбины природного газа с комбинированным циклом и простым циклом в сочетании с сильным и быстро растущим соединением энергосистемы на уровне ЕС и падением газа цены, снизили экономическую конкурентоспособность перекачиваемых гидроаккумуляторов. Таким образом, коммунальные предприятия имеют тенденцию полагаться на газотурбинные системы с комбинированным циклом [4].

Кроме того, ожидается, что основные функции накопления энергии, такие как сдвиг во времени, быстрая подача энергии и быстрое извлечение энергии, внесут большой вклад в безопасность источников питания, качество электроэнергии и минимизацию прямых и экологических издержек.

В будущем, по мере того как ветряная и фотоэлектрическая системы увеличивают свою долю поставок, системы электроснабжения и системы хранения должны будут быть очень быстрыми и покрывать промежуточный период между падением ветра и приходом в оперативный режим любой резервной мощности [5].

Поэтому динамическое поведение хранилища даже важнее его долгосрочной емкости. Следовательно хранение становится более важным для энергетической политики. Так как, необходимость содействовать увеличению накопления энергии связана с увеличением периодического ветра и солнечной энергии и с увеличением пикового спроса.

Использованные источники:

1. DG ENER Working Paper The future role and challenges of Energy Storage, 2015 – 2-9 c.
2. Variable Renewable Energy Forecasting – Integration into Electricity Grids and Markets – A Best Practice Guide, 03/06/2015 - 15-19 c.
3. Analysing the interactions between Variable Renewable Energies, electricity storage and grid in long term energy modelling tools, <http://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-01279461> Submitted on 26 Feb 2016. - 5,10c.
4. Integrating Renewable Electricity on the Grid, 2016 - 12-13 c
5. World Energy Perspectives Renewables Integration, Variable renewables integration in electricity systems: how to get it right 2016. 33-54 c.