

3.3. Командная задача финала

Введение

Каждая команда управляет собственной энергосистемой, независимой от остальных (исключение составляют контракты на поставку электроэнергии между командами). Одновременно на стенде играют четыре команды.

В ходе игры команды зарабатывают игровые очки («рубли»), снабжая электроэнергией потребителей. Очки в ходе игры также тратятся: они могут уходить на обслуживание энергосистемы, штрафы за непоставку энергии потребителям, оплату по контрактам между командами. Выигрывает команда, которая к концу игры будет располагать наибольшим количеством баллов.

Все подсчёты баллов осуществляются автоматически программным обеспечением стенда. Логи каждого раунда игры находятся в приложении 3.

В состав энергосистемы команды могут входить:

- Потребители. Потребляют и оплачивают поставленную электроэнергию. В случае их отключения команда выплачивает штраф. Имеется три класса потребителей: жилые массивы, заводы и больницы. Они отличаются характеристиками потребления и размером штрафов за их отключение.
- Электростанции. Производят электроэнергию. Их три типа: солнечные, ветровые и дизельные. Солнечные и ветровые электростанции находятся на стенде и физически измеряют яркость освещения, задаваемую лампами стенда, и скорость ветра, создаваемого вентилятором. Их эффективное использование предполагает понимание принципов их работы. Кроме того, ограниченное количество электроэнергии команды могут приобретать «извне».
- Вспомогательные объекты. Вспомогательная подстанция, увеличивающая гибкость управления энергосистемой, и аккумуляторные батареи, позволяющие сглаживать рассогласованности потребления и генерации.

Всего в игре присутствуют: 3 ветровые электростанции, 6 солнечных электростанций, до 12 дизельных, 4 вспомогательные подстанции, до 12 аккумуляторных батарей, 10 жилых массивов, 3 завода, 3 больницы. Подробности их работы находятся в приложениях 1 и 2, выдававшихся командам во время Олимпиады.

В начале игры в энергосистеме каждого игрока находятся: два жилых массива с контрактами на поставку электроэнергии по 5 очков за мегаватт поставленной электроэнергии за 1 такт игры; солнечная электростанция, с контрактом на 3 очка 1 такт игры. Итого в распоряжении игроков в начале игры находятся 8 жилых массивов и 4 солнечные электростанции.

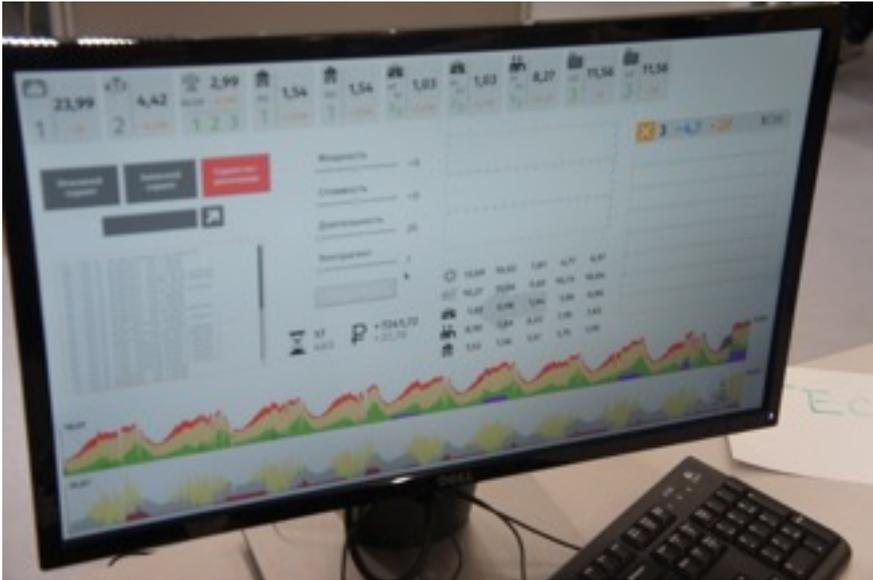
Остальные объекты разыгрываются между командами на аукционе перед началом игры.

Во время самой игры команды управляют собственными энергосистемами, и могут заключать между собой контракты на поставки электроэнергии. Управление осуществляется скриптом на языке Python, загруженным в систему стенда перед началом игры, контракты можно заключать посредством скриптов, либо через пользовательский интерфейс.

Иллюстрации



Две команды за терминалами (этап подготовки игры к старту).



Интерфейс игры (терминал одной из команд)



Игровой стенд

Аукцион

Дополнительные объекты разыгрываются на закрытых аукционах. Ставка на аукционе — цена контракта на поставку электроэнергии для потребителя, либо величина лизинговых платежей за электростанцию. Т.е. это число баллов, которая будет получать команда (т.е. команде будет платить потребитель в игровой модели) за снабжение его электроэнергией. Лот выигрывает команда, предложившая наименьшую (для потребителей) или наибольшую (для электростанций) цену контракта.

Порядок аукциона таков: в фиксированном порядке разыгрываются контракты на снабжение потребителей; в любой момент аукциона любая команда может потребовать следующим лотом разыграть контракт на строительство электростанции.

Потребители разыгрываются в следующем порядке:

1. Жилой массив
2. Больница
3. Завод
4. Жилой массив
5. Больница
6. Завод
7. Больница
8. Завод

Стартовая цена контракта с жилым массивом 5 очков за мегаватт за такт, минимальная — 1.

С заводом — 3 и 1.

С больницей — 10 и 1.

Стартовая цена контракта на солнечную электростанцию 3 очка за такт, максимальная — 9.

На ветровую электростанцию — 4 и 12.

Ставки делаются закрытым способом. На один раунд аукциона (без оглашения условий и результатов) отводится 40 секунд. В случае, если две наилучшие ставки совпали, проводится дополнительный тур между участниками, ставки которых совпали. В дополнительном туре нельзя не улучшать ставки. Если в ходе дополнительных туров аукцион дошёл до ограничения (максимальной или минимальной) цены, то объект выставляется на торги заново, но те команды, которые дошли до ограничения, в них в этот раз не участвуют.

Порядок приобретения ветровых электростанций на аукционе совпадает с порядком выставления их на стенд.

Правила сборки сети

Для подключения объект к энергосистеме, его нужно подключить кабелем напрямую или через специальный разветвитель к главной подстанции игрока. Подстанция имеет три независимые ветки, каждая из которых может быть отключена скриптом иг-

рока или системой в случае недостатка энергии. Кроме того, игроки могут установить специальный объект — миниподстанцию, которая имеет две дополнительные ветки, что увеличивает гибкость управления системой в сложных ситуациях.

Объекты первой и второй категории имеют два входа для подключения. Потребители второй категории могут быть подключены только одним или обоими входами. Потребители первой категории должны быть подключены обязательно двумя входами, и обязательно к разным независимым веткам главной подстанции игрока.

Потребители с двумя входами считаются подключёнными к энергосистеме и получающими электроэнергию, если хотя бы один из входов подключён к активной ветке подстанции.

Управление энергосистемой

Игра длится 480 ходов (тактов), каждый из которых длится 3 секунды и соответствует 30 минутам внутриигрового времени. Таким образом, за время игры проходит 10 внутриигровых суточных циклов.

В каждый момент времени игрокам известна следующая информация о системе:

1. Текущее значение силы ветра.
2. Прогноз силы ветра на следующие 5 ходов. Прогноз неточен и может составлять от 85% до 115% от реального значения.
3. Текущее значение яркости солнца.
4. Прогноз яркости солнца на следующие 5 ходов. Прогноз неточен и может составлять от 85% до 115% от реального значения.
5. Текущие значения генерации на солнечных и ветровых электростанциях.
6. Текущие значения потребления каждого из потребителей.
7. Прогнозы потребления на следующие 5 ходов для каждого из потребителей. Прогнозы не точны и могут составлять от 85% до 115% от реального значения.
8. Суммарное количество очков, набранных командой, их изменение за последний раунд, прибыль (или убыток, или стоимость содержания) каждого объекта энергосистемы за последний раунд.

Каждому игроку известна информация только о своих объектах энергосистемы.

В целях исключения деструктивного влияния случайностей на результат игры, все потребители внутри одной категории имеют в точности одинаковые характеристики. Характеристики генерации солнечных и ветровых электростанций зависят от их

расположения на стенде и являются результатом физического измерения, поэтому точная информация о них известна только их владельцам.

Исходя из этой информации, управляющий скрипт должен отправить множество управляющих воздействий на следующий ход. Возможные воздействия:

1. Установить мощность, направляемую из аккумуляторных батарей (может быть отрицательной).
2. Установить мощность, вырабатываемую дизель-генераторами.
3. Установить мощность, потребляемую с внешней ЛЭП.
4. Включить или выключить любую ветку.
5. Предложить контракт другому игроку.
6. Принять, отложить, отказаться от предложенного контракта, либо направить его на рассмотрение игроку. Игрок в таком случае может отклонить или принять контракт через пользовательский интерфейс.
7. Расторгнуть текущий контракт.

Игрок может отправить любое количество любых воздействий. Некорректные воздействия будут, если возможно, исправлены либо проигнорированы системой.

Некоторые воздействия могут быть отправлены игроками из пользовательского интерфейса самостоятельно, без участия скрипта:

1. Расторгнуть действующий контракт.
2. Предложить новый контракт.
3. Отказаться или принять предложение контракта.

Остальные воздействия могут быть отправлены только управляющим скриптом.

Также игроки могут через интерфейс отправлять скрипту короткое текстовое сообщение, в том случае, если они запрограммировали его обработку.

Всем командам будет предоставлен базовый малоэффективный управляющий скрипт. Они могут улучшать его или создавать свой с нуля.

Кроме скрипта, приказы может отправлять и система, если в энергосистеме игрока генерации недостаточно для удовлетворения потребностей всех потребителей. В случае, если у игрока есть контракты на продажу электроэнергии, она отменит один из них, в противном случае отключит одну из веток подстанции. Этот процесс рекурсивен и будет продолжаться до тех пор, пока в системе не исчезнет дефицит электроэнергии.

В случае отключения потребителя игроку начисляется штраф, равный фиксированной величине плюс цене контракта, умноженной на повышающий множитель, зависящий от типа потребителя.

В случае расторжения контракта сторона, расторгнувшая его, выплачивает контрагенту 50% от суммы, которые нужно было бы перечислить по незавершённой части контракта. Расторгнувшая сторона платит штраф независимо от того, является ли она по контракту покупателем или продавцом.

Тренировки, полуфиналы и финал

Тренировочный процесс состоит, в основном, из тестовых игр и рефлексий после них. Тестовая игра короче настоящей, и длится всего 10 минут. В процессе тренировки командам запрещено взаимодействовать с другими командами только по обоюдному согласию. Это является важным отражением того факта, что сама по себе игра имеет кооперативные компоненты, и кооперация является честным способом улучшить собственный результат.

В ходе рефлексии участники могут задавать уточняющие технические вопросы о стенде.

Игры финала и полуфиналов проходят по одному регламенту:

1. Сначала проводится аукцион.
2. Игроки собирают свои энергосистемы на стенде.
3. У игроков есть 40 минут на адаптацию и тестирование своих скриптов.
4. Запускается игра, которая длится 30 минут.

Результатом игры считается количество баллов (внутриигровых денег), которые команда набрала в последней стадии.

В финал проходят по две команды из каждой группы, показавшие первый и второй результаты внутри группы. В олимпиаде побеждает команда, набравшая наибольшее количество баллов в финале.

Тактика игры

Для успешного (не провального) выступления команда должна решить три задачи:

1. Экономическая. Экономическая эффективность энергосистемы зависит в основном от сбалансированности её состава. Избыток генерации в энергосистеме будет приводить к тому, что большое количество очков будет потрачено на содержание электростанций «в холостую». Недостаток генерации приведёт к необходимости либо отключать объекты энергоси-

стемы во время пиковых нагрузок, либо приобретать её вонне по большой цене. Поэтому главная задача команд на аукционе не приобретение наибольшего количества объектов по наилучшей цене, а приобретение одного из заранее спланированных составов энергосистемы. Кроме того, большая энергосистемы с объектами, имеющими неблагоприятные цены контрактов, будет менее эффективной, чем небольшая энергосистема с благоприятными ценами контрактов (например, начальная энергосистема игрока).

2. Энергетическая. Команда должна заранее рассчитать состав энергосистемы и составить скрипт для управления ею, обеспечивающие бесперебойное снабжение потребителей электроэнергией.
3. Программная. Нужно технически корректно реализовать управляющий скрипт. Для этого у команд в распоряжении имеется утилита для его тестирования.

В игре нет однозначно выигрышной стратегии, для любой стратегии в игре есть ситуации, когда она оказывается неэффективной.

Кроме того, игра очень сложна, и идеально в ней разобраться в течение трёх дней Олимпиады невозможно, главная задача команды — определить свои сильные стороны и сфокусироваться на некоторых направлениях игры, при этом не забрасывая другие.

Игра составлена таким образом, что в ней можно бороться за победу, не решив до конца одну или несколько её подзадач (но не решив неправильно!). Например, в случае, если в команде нет сильных программистов, в качестве управляющего скрипта можно использовать скрипт «по-умолчанию». Он составлен так, что его эффективность также можно сильно повысить, незначительно его модифицировав.

В случае, если команде не даётся планирование энергетики своей системы, она может отказаться от сложных в планировании солнечных электростанций и аккумуляторных батарей и сделать акцент на более простые в управлении ветровые электростанции и дизель-генераторы.

В случае, если в ходе аукциона все ставки команды оказываются биты, даже в самом худшем случае в конце аукциона у неё останется её стартовая энергосистема, обладающая весьма высокой эффективностью.

Защитные механики

В игре есть несколько механизмов, защищающих команды от неразумных или нечестных действий оппонентов (например, сговора с целью прямо помешать осталь-

ным командам). Это важно, так как предлагаемая игра является антагонистической и коалиционной.

- Невозможность прямого взаимодействия во время аукциона. Команды полностью равноправны в своих действиях, и никакое объединение команд не даёт преимуществ в игре.
- Во время игры взаимодействия возможны только через контракты, которые заключаются только по обоюдному согласию. Единоновременно одному игроку можно предложить только один контракт, действовать могут не более трёх.
- Ограничение на размер энергосистемы в 5 потребителей и 3 электростанции. Это делает невозможным серьёзно расстроить тактики остальных команд «суицидальным» поведением одной из команд на аукционе.
- Стартовая энергосистема с хорошими экономическими показателями. Она эффективно ограничивает важность аукциона и предоставляет всем командам «запасной вариант» на случай слишком большой конкуренции.
- Экспоненциальный рост цены электроэнергии «извне». Он ограничивает экономическую и энергетическую эффективность больших энергосистем: для маленьких энергосистем её возможно использовать как один из основных источников энергии, для больших она слишком дорога даже для того, чтобы сглаживать с её помощью суточные пики потребления.
- Возможность в конце аукциона выставить один объект на торги. Это защищает как от ошибок в ходе аукциона, так и от попыток навязать несбалансированную конфигурацию энергосистемы.

Детальные правила стенда

Содержат в себе описание всех механизмов командной игры и детальные правила начисления баллов.

Примечание: в этой форме правила выдавались «на руки» командам.

Объекты стенда

Главный объект вашей энергосистемы — главная подстанция. К ней подключаются все остальные объекты. На стенде представлены потребители трёх категорий надёжности электроснабжения: больницы, заводы и жилые районы.

Источников электроэнергии в игре пять:

- Солнечные электростанции. Максимальная мощность 10 МВт. Выставляются на стенде вблизи осветителей.
- Ветровые электростанции. Максимальная мощность 12 МВт. Выставляются на стенде вблизи вентилятора.
- Дизель-генераторы. Устанавливаются на площадку подстанции (всего площадок 3).
- Аккумуляторные батареи. Устанавливаются на площадку подстанции (всего площадок 3).
- Внешняя ЛЭП. Максимальная мощность 20 Мвт, экспоненциальная стоимость электроэнергии.

Присоединение объектов

Два жилых района уже «принадлежит» энергосистеме игрока. Также игрок может по фиксированной цене установить одну солнечную электростанцию.

Дизель-генераторы и аккумуляторные батареи доступны игрокам неограниченно (но под них есть всего три площадки).

Чтобы присоединять остальные объекты к своей энергосистеме, нужно выиграть аукцион на них у других энергетических компаний. Выигрывает аукцион тот, кто предложит меньшую цену одного мегаватта для потребителей, или наибольшее содержание за ход для электростанций.

Больницы имеют два вывода. Оба должны быть подключены к независимым веткам энергосистемы. (Независимые ветки — такие, что при отключении одной другая не отключается, и при отключении любой другой ветки энергосистемы они не отключаются одновременно).

Заводы также имеют два вывода, но их можно подключать произвольно.

Потребление и генерация

Суточные паттерны потребления объектов разных категорий находятся в приложенных графиках. Реальные значения на каждом ходе могут отличаться от паттерна на 15% (от 85 до 115% от паттерна). Прогнозы могут отличаться от реальных значений на 10% (от 90 до 110% от реального значения).

Источники энергии на стенде обладают такими характеристиками:

- Внешняя ЛЭП: максимальная мощность 20 МВт.
- Дизель-генератор: максимальная мощность 6 МВт.
- Аккумуляторная батарея: максимальная ёмкость 24 МВт * такт (12 МВт * час, так как такт занимает 30 минут в модели).
- Ветровые электростанции: максимальная мощность составляет 12 МВт. Выработка электроэнергии зависит от скорости ветра как x^3 . Если обороты лопастей превысят 160% от скорости, на которой электростанция выдаёт максимальную мощность, она перейдёт в режим штормовой защиты и её выработка станет равной нулю. При уменьшении скорости вращения лопастей она вернётся к нормальному режиму. Обратите внимание, что лопасти обладают довольно большой инерцией и на изменение скорости ветра реагируют не сразу; при резком исчезновении ветра они могут останавливаться до 30 секунд.
- Солнечные электростанции: максимальная мощность 10 МВт. Обладают небольшой инерцией в 3–5 секунд.

Затраты и прибыли

- Стартовая цена солнечной электростанции — 3 р/ход
- Стартовая цена ветровой электростанции — 4 р/ход
- Стартовая цена МВт/ход жилого массива — 5 р/МВт/ход
- Стартовая цена МВт/ход завода — 3 р/МВт/ход
- Стартовая цена МВт/ход больницы — 10 р/МВт/ход
- Содержание аккумуляторной батареи — 2 р/ход
- Содержание дизель-генератора — 1 р/МВт/ход + 1 р/ход
- Содержание солнечной электростанции — 2 р/ход.
- Содержание ветровой электростанции — 3 р/ход.
- Содержание энергосистемы жилого массива — 1 р./ход
- Содержание энергосистемы завода — 2 р./ход
- Содержание энергосистемы больницы — 1 р./ход
- Стоимость энергии внешней ЛЭП — 1 р/МВт/ход до 5 МВт; 2 р/МВт/ход до 10 МВт, 4 р/МВт/ход до 15 МВт, 8 р/МВт/ход до 20 МВт. На-

пример, 12 МВт мощности обойдутся в 48 р. за ход, а 19 МВт — в 162 р.

Штрафы

За отключение потребителей от электроснабжения предусмотрены суровые штрафы.

- За отключение жилых массивов: цена контракта * 3 + 1 р. за каждый ход отключения.
- За отключение заводов: цена контракта * 5 + 3 р. за каждый ход отключения.
- За отключение больниц: цена контракты * 10 + 10 р. за каждый ход отключения.
- За разрыв контракта: 5 р. половина средств, подлежащих выплате по остатку контракта. Например, за разрыв контракта платит всегда расторгающая контракт сторона.

Автоматическая балансировка

В случае, если после применения управляющих воздействий команды в её энергосистеме потребление больше, чем генерация, запускается процедура автоматической балансировки.

Она последовательно выдаёт серию собственных управляющих воздействий до тех пор, пока генерация не превысит или сравняется с потреблением.

Первым делом она отменяет контракты на поставку электроэнергии, начиная с того, в котором поставляемая мощность наибольшая.

Затем она отключает ветки энергосистемы, начиная с первой.

За срабатывание автоматической балансировки штрафов не предусмотрено, но её действия всегда ведут к значительным убыткам.

Аукционы

Контракты на снабжение потребителей выставляются на аукцион в фиксированном порядке. Аукцион проводится по закрытой схеме в два раунда по 30 секунд. За это время команды должны написать на карточках и передать судье своё предложение. Выигрывает тот, кто предложил наилучшую цену во втором раунде.

Между розыгрышами контрактов снабжения любая команда может попросить объявить аукцион на лизинговый контракт солнечной или ветровой электростанции. Этот аукцион проходит точно так же.

В конце аукциона каждая команда имеет право выставить на торги любой один из своих выигранных на аукционе контрактов. Стартовая цена в этом случае сбрасыва-

ется до первоначальной. Выставившая объект на торги команда не имеет права участвовать в аукционе на него.

Ни одна команда не может подключить больше трёх электростанций (ветровых и солнечных).

Ни одна команда не может подключить больше пяти потребителей.

Управляющий скрипт

Энергосистемой можно ограничено управлять из пользовательского интерфейса, но основное управление осуществляет пользовательский скрипт на языке Python.

Пользователь должен реализовать одну-единственную функцию, которая вызывается управляющей программой каждый раунд. Текущие параметры системы скрипт может прочитать из набора глобальных переменных. Чтобы отдать управляющую команду в энергосистему скрипт должен вызвать определённую функцию с нужными в текущий момент параметрами.

В распоряжении команд имеется скрипт по-умолчанию, который реализует довольно надёжное, но неоптимальное управление энергосистемой. Можно модифицировать его, а можно написать свою управляющую функцию «с нуля». Скрипт по-умолчанию служит также элементом документации API энергосистемы.

Получить архив со скриптом по-умолчанию и утилитой для тестирования своих скриптов можно у администратора игры.

Контракты

В ходе игры команды могут предлагать друг другу контракты на поставку электроэнергии. Предложить контракт можно на поставку или покупку электроэнергии на мощность от 0,1 до 1 МВт, стоимостью от 0,1 до 20 р за ход, длительностью от 20 до 100 ходов.

Предлагать контракты можно как при помощи скрипта, так и при помощи пользовательского интерфейса. Предложение о контракте приходит скрипту. Он может:

- Принять предложение.
- Отклонить предложение
- Ничего не делать. Предложение будет действительно 8 ходов, после чего исчезнет.
- Отправить предложение на рассмотрение человека. Тогда предложение отобразится в пользовательском интерфейсе, где его можно будет принять или отклонить.
- Расторгнуть контракт.

На количество контрактов действует несколько ограничений. Во-первых, на рассмотрении скрипта или в интерфейсе может находиться только по одному предложению от каждого контрагента. Во-вторых, между двумя командами может быть одновременно не больше трёх активных контрактов.

Некорректные предложения контрактов система отклоняет автоматически с выводом сообщения в лог игрока и администратора.

Объекты стенда

Главный объект вашей энергосистемы — главная подстанция. К ней подключаются все остальные объекты. На стенде представлены потребители трёх категорий надёжности электроснабжения: больницы, заводы и жилые районы.

Источников электроэнергии в игре пять:

- Солнечные электростанции. Максимальная мощность 10 МВт. Выставляются на стенде вблизи осветителей.
- Ветровые электростанции. Максимальная мощность 12 МВт. Выставляются на стенде вблизи вентилятора.
- Дизель-генераторы. Устанавливаются на площадку подстанции (всего площадок 3).
- Аккумуляторные батареи. Устанавливаются на площадку подстанции (всего площадок 3).
- Внешняя ЛЭП. Максимальная мощность 20 Мвт, экспоненциальная стоимость электроэнергии.

Присоединение объектов

Два жилых района уже «принадлежит» энергосистеме игрока. Также игрок может по фиксированной цене установить одну солнечную электростанцию.

Дизель-генераторы и аккумуляторные батареи доступны игрокам неограниченно (но под них есть всего три площадки).

Чтобы присоединять остальные объекты к своей энергосистеме, нужно выиграть аукцион на них у других энергетических компаний. Выигрывает аукцион тот, кто предложит меньшую цену одного мегаватта для потребителей, или наибольшее содержание за ход для электростанций.

Больницы имеют два вывода. Оба должны быть подключены к независимым веткам энергосистемы. (Независимые ветки — такие, что при отключении одной другая не

отключается, и при отключении любой другой ветки энергосистемы они не отключаются одновременно).

Заводы также имеют два вывода, но их можно подключать произвольно.

Потребление и генерация

Суточные паттерны потребления объектов разных категорий находятся в приложенных графиках. Реальные значения на каждом ходе могут отличаться от паттерна на 15% (от 85 до 115% от паттерна). Прогнозы могут отличаться от реальных значений на 10% (от 90 до 110% от реального значения).

Источники энергии на стенде обладают такими характеристиками:

- Внешняя ЛЭП: максимальная мощность 20 МВт.
- Дизель-генератор: максимальная мощность 6 МВт.
- Аккумуляторная батарея: максимальная ёмкость 24 МВт * такт (12 МВт * час, так как такт занимает 30 минут в модели).
- Ветровые электростанции: максимальная мощность составляет 12 МВт. Выработка электроэнергии зависит от скорости ветра как x^3 . Если обороты лопастей превысят 160% от скорости, на которой электростанция выдаёт максимальную мощность, она перейдёт в режим штормовой защиты и её выработка станет равной нулю. При уменьшении скорости вращения лопастей она вернётся к нормальному режиму. Обратите внимание, что лопасти обладают довольно большой инерцией и на изменение скорости ветра реагируют не сразу; при резком исчезновении ветра они могут останавливаться до 30 секунд.
- Солнечные электростанции: максимальная мощность 10 МВт. Обладают небольшой инерцией в 3–5 секунд.

Затраты и прибыли

- Стартовая цена солнечной электростанции — 3 р/ход
- Стартовая цена ветровой электростанции — 4 р/ход
- Стартовая цена МВт/ход жилого массива — 5 р/МВт/ход
- Стартовая цена МВт/ход завода — 3 р/МВт/ход
- Стартовая цена МВт/ход больницы — 10 р/МВт/ход
- Содержание аккумуляторной батареи — 2 р/ход
- Содержание дизель-генератора — 1 р/МВт/ход + 1 р/ход

- Содержание солнечной электростанции — 2 р./ход.
- Содержание ветровой электростанции — 3 р./ход.
- Содержание энергосистемы жилого массива — 1 р./ход
- Содержание энергосистемы завода — 2 р./ход
- Содержание энергосистемы больницы — 1 р./ход
- Стоимость энергии внешней ЛЭП — 1 р/МВт/ход до 5 МВт; 2 р/МВт/ход до 10 МВт, 4 р/МВт/ход до 15 МВт, 8 р/МВт/ход до 20 МВт. Например, 12 МВт мощности обойдутся в 48 р. за ход, а 19 МВт — в 162 р.

Штрафы

За отключение потребителей от электроснабжения предусмотрены суровые штрафы.

- За отключение жилых массивов: цена контракта * 3 + 1 р. за каждый ход отключения.
- За отключение заводов: цена контракта * 5 + 3 р. за каждый ход отключения.
- За отключение больниц: цена контракты * 10 + 10 р. за каждый ход отключения.
- За разрыв контракта: 5 р. половина средств, подлежащих выплате по остатку контракта. Платит всегда расторгающая контракт сторона.

Автоматическая балансировка

В случае, если после применения управляющих воздействий команды в её энергосистеме потребление больше, чем генерация, запускается процедура автоматической балансировки.

Она последовательно выдаёт серию собственных управляющих воздействий до тех пор, пока генерация не превысит или сравняется с потреблением.

Первым делом она отменяет контракты на поставку электроэнергии, начиная с того, в котором поставляемая мощность наибольшая.

Затем она отключает ветки энергосистемы, начиная с первой.

За срабатывание автоматической балансировки штрафов не предусмотрено, но её действия всегда ведут к значительным убыткам.

Аукционы

Контракты на снабжение потребителей выставляются на аукцион в фиксированном порядке. Аукцион проводится по закрытой схеме в один раунд. Время раунда — 30

секунд. За это время команды должны написать на карточках и передать судье своё предложение. Выигрывает тот, кто предложил наилучшую цену во втором раунде.

Между розыгрышами контрактов снабжения любая команда может попросить объявить аукцион на лизинговый контракт солнечной или ветровой электростанции. Этот аукцион проходит точно так же.

В конце аукциона каждая команда имеет право выставить на торги любой один из своих выигранных на аукционе контрактов. Стартовая цена в этом случае сбрасывается до первоначальной. Выставившая объект на торги команда не имеет права участвовать в аукционе на него.

Ни одна команда не может подключить больше трёх электростанций (ветровых и солнечных).

Ни одна команда не может подключить больше пяти потребителей.

Управляющий скрипт

Энергосистемой можно ограничено управлять из пользовательского интерфейса, но основное управление осуществляет пользовательский скрипт на языке Python.

Пользователь должен реализовать одну-единственную функцию, которая вызывается управляющей программой каждый раунд. Текущие параметры системы скрипт может прочитать из набора глобальных переменных. Чтобы отдать управляющую команду в энергосистему скрипт должен вызвать определённую функцию с нужными в текущий момент параметрами.

В распоряжении команд имеется скрипт по-умолчанию, который реализует довольно надёжное, но неоптимальное управление энергосистемой. Можно модифицировать его, а можно написать свою управляющую функцию «с нуля». Скрипт по-умолчанию служит также элементом документации API энергосистемы.

Получить архив со скриптом по-умолчанию и утилитой для тестирования своих скриптов можно у администратора игры.

Контракты

В ходе игры команды могут предлагать друг другу контракты на поставку электроэнергии. Предложить контракт можно на поставку или покупку электроэнергии на мощность от 0,1 до 1 МВт, стоимостью от 0,1 до 20 р за ход, длительностью от 20 до 100 ходов.

Предлагать контракты можно как при помощи скрипта, так и при помощи пользовательского интерфейса. Предложение о контракте приходит скрипту. Он может:

- Принять предложение.

- Отклонить предложение
- Ничего не делать. Предложение будет действительно 8 ходов, после чего исчезнет.
- Отправить предложение на рассмотрение человека. Тогда предложение отобразится в пользовательском интерфейсе, где его можно будет принять или отклонить.
- Расторгнуть контракт.

На количество контрактов действует несколько ограничений. Во-первых, на рассмотрении скрипта или в интерфейсе может находиться только по одному предложению от каждого контрагента. Во-вторых, между двумя командами может быть одновременно не больше трёх активных контрактов.

Некорректные предложения контрактов система отклоняет автоматически с выводом сообщения в лог игрока и администратора.

Детальные результаты

Детальные результаты командной игры слишком объёмны для включения в этот документ, поэтому они оформлены в виде приложений:

- *Протоколы и результаты/Конфигурации команд*
Содержит составы энергосистем команд.
- *Протоколы и результаты/Повышающий-преобразователь-финал*
Содержит протоколы измерений задания «Импульсный повышающий преобразователь»
- *Логи команд*
Эти приложения содержат полную детализацию всех действий игроков и всех параметров игры.
- *Скрипты команд*
Содержат тексты скриптов, загруженных командами на сервер для игры.

Импульсный повышающий преобразователь

Стенд-тренажер «Импульсный повышающий преобразователь» представляет собой модульную систему, которая включает в себя плату повышающего преобразователя и сменные модули, которые могут устанавливаться на плату.

Сменные модули представляют собой электронные компоненты, которые влияют на выходное напряжение повышающего преобразователя и его КПД (Дроссели, Диоды, Транзисторы, Резисторы).

Перед каждой командой будет стоять задача правильной сборки повышающего преобразователя, а также получения максимального КПД.

Для успешного выполнения задания командам необходимо будет рассчитать делитель напряжения обратной связи электрической схемы (этот делитель влияет на выходное напряжение схемы), для получения максимального КПД командам необходимо будет рассчитать и подобрать рабочую частоту преобразователя, а также правильно подобрать основные электронные компоненты преобразователя влияющие на его работу и КПД: дроссель (индуктивность), диод, полевой транзистор, резисторы делителя обратной связи.

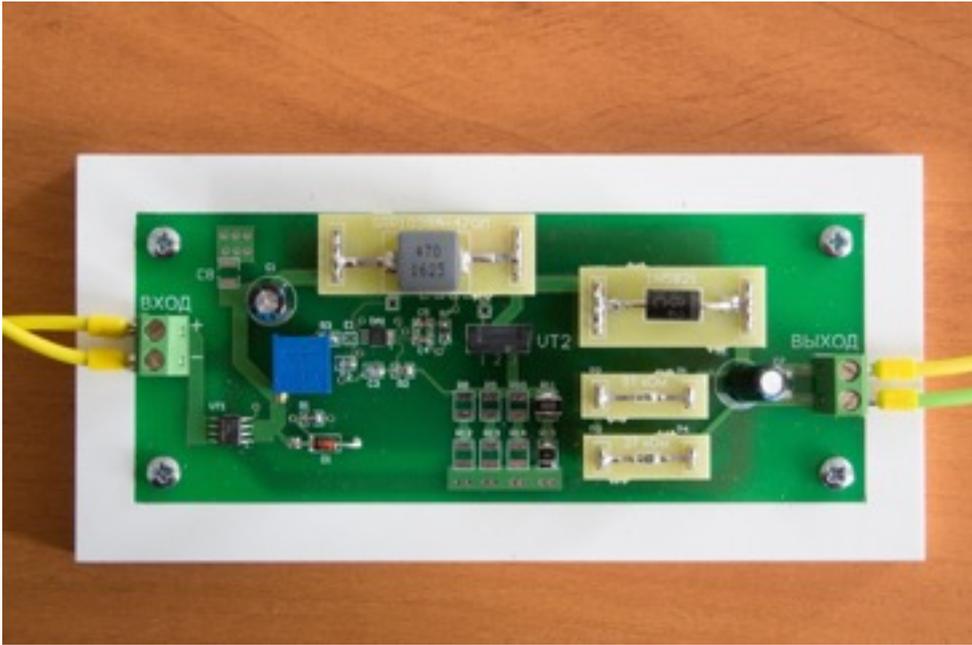
Для успешного решения данной задачи необходимо глубокое и качественное понимание школьного курса физики (раздел электричество и магнетизм).

Состав комплекта выдаваемого команде для работы:

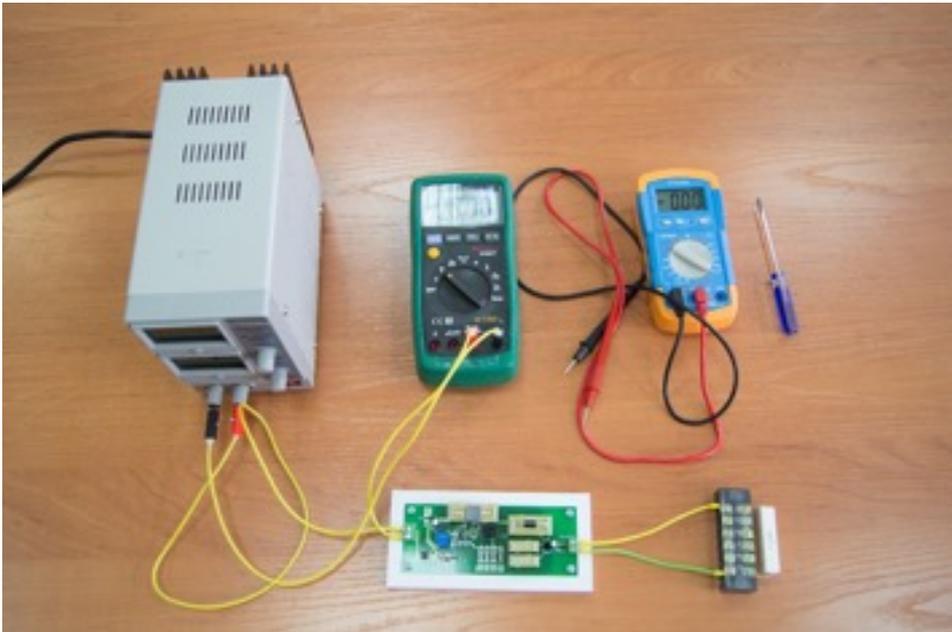
1. Плата повышающего преобразователя.
2. Комплект дросселей (индуктивностей) 11 шт.
3. Комплект резисторов 6 шт.
4. Комплект диодов 4 шт.
5. Блок питания (максимальное выходное напряжение не менее 15В, максимальный ток не менее 3А)
6. Отвертка для настройки переменного резистора, отвечающего за частоту работы повышающего преобразователя.
7. Набор резисторов нагрузки.
8. Два мультиметра. Один для измерения входного тока преобразователя, другой для измерения напряжения на входе и выходе преобразователя.

На 4 команды выдается два осциллографа.

Иллюстрации



Пример собранного конструктора



Испытательная установка одной команды



Элементы кон-



структора

Участник олимпиады с конструктором

Правила сборки «Импульсного повышающего преобразователя»

Сборка «Импульсного повышающего преобразователя» начинается с расчёта делителя обратной связи и правильного подключения резисторов.

Следующим шагом является расчёт или оценка рабочего тока и частоты работы преобразователя, после чего проводится анализ предложенных компонентов и выбор наиболее подходящих для работы с расчётным током и частотой.

После анализа предложенных компонентов возможно потребуется пересчет частоты работы преобразователя.

После подбора наиболее оптимальных компонентов проводится сборка повышающего преобразователя, которая заключается в подключении выбранных компонентов к плате преобразователя и настройка частоты преобразователя.

Правила начисления баллов

Результатом работы с повышающим преобразователем является КПД, который будет использован при расчете энергии генерации в финальный день на стенде-тренажере «ИЭС».

Требуется получить на выходе преобразователе напряжение $24 \pm 0.7V$ при КПД не менее не менее 60%.

Команды, не сумевшие правильно собрать схему инвертора, получают минимальный КПД равный 80% мощности.

Команды, правильно собравшие схему, соревнуются между собой.

Команда, получившая минимальный КПД, получает это же значение $KPD=100\%$ при расчёте энергии генерации в финальный день.

Команда получившая самое высокое значение КПД, получает максимальное значение $KPD=120\%$ при расчёте энергии генерации. Остальные команды получают значение КПД в диапазоне от 100% до 120%. Значение генерации КПД каждой команды пропорционально КПД полученному данной командой на повышающем преобразователе напряжения. И рассчитывается по формуле $KPD_{генерации} = ((KPD_{тек} - KPD_{мин}) / (KPD_{макс} - KPD_{мин})) * 20\% + 100\%$.

Где $KPD_{тек}$ - это КПД полученное на повышающем преобразователе команды для которой производится расчет. $KPD_{мин}$ - значение КПД полученное на повышающем преобразователе команды получившей минимальный КПД. $KPD_{макс}$ - значение КПД полученное на повышающем преобразователе команды получившей максимальный КПД.

Например: команда А получила значение $KPD = 80\%$ (это минимальное значение КПД среди всех команд).

Команда В получила значение $KPD = 82\%$.

Команда С получила значение $KPD = 90\%$. (это максимальное значение КПД среди всех команд).

Таким образом в финале значения КПД при расчете энергии генерации будут следующие: Команда А $KPD = 100\%$. Команда В $KPD = 104\%$ $((82-80)/(90-80)) * 20\% + 100\%$. Команда С $KPD = 120\%$.

Описание тренировочного процесса

Тренировочный процесс заключается в ознакомлении с работой повышающего преобразователя, в ознакомлении с платой преобразователя и с основными компонентами схемы. После чего участники смогут непосредственно работать с платой преобразователя. Делать расчеты основных параметров схемы, собирать схему и проверять ее работу.

После первого дня работы с повышающим преобразователем проводится рефлексия.

Описание финального соревнования

В финальном соревновании каждая команда собирает свою схему повышающего преобразователя. После чего делается замер КПД данной схемы при номинальной нагрузке. Если не у всех команд собранная схема сможет удержать выходное напряжение в нужном диапазоне при номинальной нагрузке, тогда замер КПД будет проводиться с помощью плавного увеличения нагрузки. При падении напряжения ниже определенного уровня будет фиксироваться ток нагрузки и рассчитываться КПД.

Описание процесса измерения КПД повышающего преобразователя.

КПД повышающего преобразователя определяется по формуле

$$\eta = \frac{P_{\text{ВЫХ}}}{P_{\text{ВХ}}} * 100\%$$

где $P_{\text{ВЫХ}}$ - мощность на выходе, $P_{\text{ВХ}}$ – мощность на входе. Мощность определялась по формулам.

$$P = UI = \frac{U^2}{R} = I^2 R$$

Мощность на входе определялась измерением входного тока и напряжения. При этом напряжение на первичном источнике питания устанавливалось. Напряжение на входе измеряется на клеммной колодке «ВХОД». Входной ток измеряется включением мультиметра в режиме измерения тока последовательно в цепь питания. повышающего преобразователя между первичным источником питания и повышающим

преобразователем. Мощность на выходе определялась измерением выходного напряжения при резистивной нагрузке равной 82 Ом.

Итог соревнования на повышающем преобразователе

Итогом соревнования на повышающем преобразователе будет значение КПД для каждой команды при расчете энергии генерации в финальный день на стенде-тренажере «ИЭС».

Инвестиционный расчет

Задача: Необходимо спроектировать и промоделировать изолированную энергосистему со средней мощностью нагрузки 85,7 кВт в городе Сочи и не дороже \$600000.

Месячный график потребления мощности изолированной энергосистемы представлен на рисунке 1, данный график несет ознакомительный характер, так как в модели будет загружена полная годовая модель потребления нагрузки.

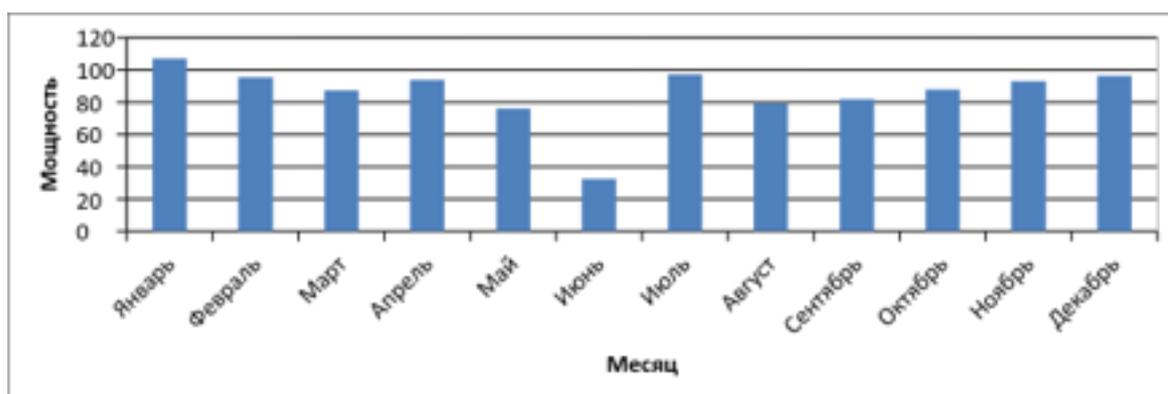


Рисунок 1 Месячный график потребления мощности

Стоимости компонент

Если не указана стоимость в модели, то использовать следующие данные:

- Солнечная панель - \$500 за кВт;
- Ветряк - \$800 за кВт;
- Инвертор - \$300 за кВт;
- Накопитель энергии (Li-ion) – \$500 за кВт;
- Остальные стоимости приведены в моделлере.

Критерий оценки:

Собранные энергосистемы будут оцениваться по показателю COE (Cost of electricity by source).

Каждая команда получит некоторое значение СОЕ, затем все результаты проранжируются от наименьшего к большему, в зависимости от места команды в общей таблице команда получит баллы.

4.1. Правила выставления индивидуальных и командных баллов

Итоговый индивидуальный балл

Итоговый (результатирующий) индивидуальный балл S_{IR}^i присваивается каждому i -му участнику профиля ИЭС Олимпиады НТИ и рассчитывается по формуле

$$S_{IR}^i = \alpha_1 S_1^i + S_T^i,$$

где S_1^i – балл i -го участника Олимпиады за индивидуальные испытания, $\alpha_1 = 0,35$ – вес балла за индивидуальные испытания в итоговом индивидуальном балле, S_T^i – балл i -го участника Олимпиады за командные испытания.

Все члены j -ой команды получают одинаковый балл за командные испытания:

$$S_T^i = S_j \text{ для } i \in j.$$

Балл за индивидуальные испытания

Балл за индивидуальные испытания присваивается каждому i -му участнику профиля ИЭС Олимпиады НТИ на основе результатов решения задач по математике и физике и рассчитывается по формуле

$$S_1^i = \sum_{n=1}^4 M_n^i + \sum_{n=1}^4 P_n^i,$$

где M_n^i – балл i -го участника Олимпиады за решение n -ой задачи по математике, и P_n^i – балл i -го участника Олимпиады за решение n -ой задачи по физике.

Всего каждый участник Олимпиады решает 4 задачи по математике и 4 задачи по физике. Решение каждой задачи оценивается исходя из такого максимального количества баллов, чтобы сумма баллов за решение всех задач по физике и математике не превышала 100.

Балл за командные испытания

Балл за командные испытания присваивается каждой j -ой команде на основе выполнения ее членами командных заданий и рассчитывается по формуле

$$S_T^j = \sum_{m=1}^3 S_m^j,$$

где S_m^j – балл j -ой команды за выполнение m -го командного задания.

Каждая команда выполняет следующие командные задания:

1. «Повышающий преобразователь»: Проектирование, инженерный расчет и сборка повышающего преобразователя.
2. «Стенд microgrid»: Проектирование энергосистемы microgrid, разработка агента для управления энергосистемой microgrid и апробация проекта и агента на стенде СТИЭС-1.
3. «Инвестиционный расчет»: Проектирование и инвестиционный расчет системы электроснабжения модельного потребителя.

Балл за выполнение задания «Повышающий преобразователь»

Балл за выполнение задания присваивается каждой j-ой команде на основании результатов независимого испытания (измерения КПД) собранного j-ой командой повышающего преобразователя напряжения, проводимого членами жюри трека ИЭС, и рассчитывается по формуле

$$S_i^j = \beta_1 \frac{\eta^j - \min \eta^k}{\max \eta^k - \min \eta^k},$$

где η^j – величина КПД повышающего преобразователя j-ой команды, $\min \eta^k$ – величина наименьшего КПД среди всех КПД повышающих преобразователей, собранных командами трека ИЭС, $\max \eta^k$ – величина наибольшего КПД среди всех КПД повышающих преобразователей, собранных командами трека ИЭС, $\beta_1 = 10$ – вес балла задания «Повышающий преобразователь» в итоговом индивидуальном балле.

Если по результатам выполнения задания «Повышающий преобразователь» команда собирает не работающий повышающий преобразователь, команда получает 0 баллов.

Балл за выполнение задания «Стенд microgrid»

Балл за выполнение задания присваивается каждой j-ой команде на основании результатов соревнований между командами, которые проводятся по системе play-off. Проводится два полуфинала и один финал. В каждом полуфинале участвуют по 4 команды. Участие в каждом полуфинале определяется жеребьевкой. В финал проходят по 2 команды из каждого полуфинала, набравшие наибольшее количество игровых очков. Количество набранных командой игровых очков определяется правилами игры «Microgrid» на стенде СТИЭС-1. Очки определяются автоматически программным комплексом стенда СТИЭС-1.

Балл за выполнение задания для команд, не прошедших в финал, определяются по следующим правилам:

1. Команды, получившие наименьшее количество очков в каждом из полуфиналов, получают по 0 баллов каждая.
2. Команды, получившие второе от наименьшего количество очков в каждом из полуфиналов, получают по 5 баллов каждая.

Балл за выполнение задания для команд, прошедших в финал, рассчитывается по

формуле

$$S_2^j = \beta_2 \frac{C^j - \min C^k}{\max C^k - \min C^k} + 10$$

где C^j – количество очков j -ой команды, полученных в финале, $\min C^k$ – наименьшее количество очков из набранных командами в финале, $\max C^k$ – наибольшее количество очков из набранных командами в финале, $\beta_2 = 35$ – вес балла задания «Стенд microgrid» в итоговом индивидуальном балле.

Балл за выполнение задания «Инвестиционный расчет»

Балл за выполнение задания присваивается каждой j -ой команде на основании результатов независимого вычисления стоимости электроэнергии (COE) в спроектированной j -ой командой системе электроснабжения, проводимого членами жюри трека ИЭС при помощи специального ПО, и рассчитывается по формуле

$$S_3^j = \beta_3 \frac{\frac{1}{COE^j} - \min\left(\frac{1}{COE^k}\right)}{\max\left(\frac{1}{COE^k}\right) - \min\left(\frac{1}{COE^k}\right)},$$

где COE^j – стоимость электроэнергии в системе электроснабжения, спроектированной

j -ой командой, $\min\left(\frac{1}{COE^k}\right)$ – наибольшая стоимость электроэнергии в системе

электроснабжения среди всех, спроектированных командами, $\max\left(\frac{1}{COE^k}\right)$ – наименьшая стоимость электроэнергии в системе электроснабжения среди всех, спроектированных командами, $\beta_3 = 10$ – вес балла задания «Инвестиционный расчет» в итоговом индивидуальном балле.