

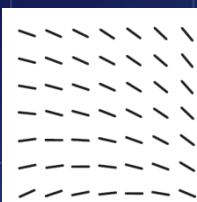
Национальная  
технологическая инициатива

Пространство возможного

# Архитектура Интернета энергии на развивающихся рынках Юго-Восточной Азии

Чаусов Игорь Сергеевич  
Ведущий эксперт  
Инфраструктурного центра EnergyNet

Семинар подкомитета D2 РНК СИГРЭ 27 июня 2019 г.



Энерджинет

Национальная  
технологическая  
инициатива



Островные и  
изолированные  
территории

- Автономные микрогриды
- ВИЭ и местные энергетические ресурсы

Рост цен и  
издержек на  
электроснабжение

- Гибридные микрогриды
- Управление спросом, накопители и малая генерация

Нестабильность  
электроснабжения  
в автономных  
микрогридах

- Виртуальные синхронные машины
- Специальные накопители и инверторы для регулирования

Проблемы  
регулирования и  
нестабильности  
при росте доли ВИЭ

- Распределенные накопители и управление спросом
- Peer-to-peer рынки для локального балансирования

Быстрый и  
непрогнозируемый  
рост потребления  
энергии

- Plug & play присоединение к энергосистеме
- Сервисы peer-to-peer рынков и транзакционной энергетики

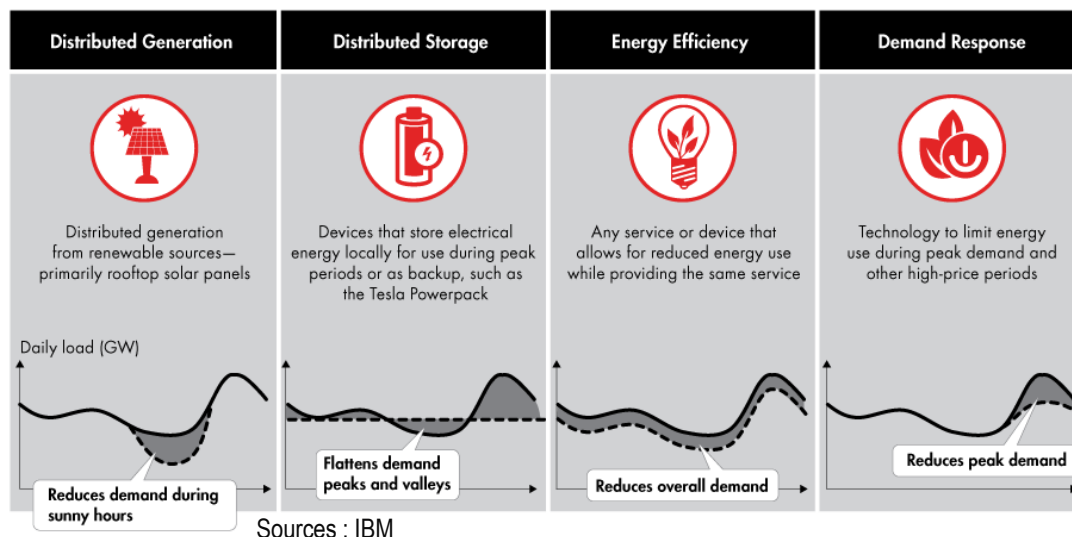
- Средний экономический рост - более 5,1% в год
- Средний рост электропотребления - более 5 – 7% в год
- Более 125 миллионов человек не имеют доступа к постоянному электроснабжению
- Даже в электрифицированных районах электроэнергия доступна менее 18 часов в сутки
- Доля ВИЭ в энергобалансе региона достигнет 23% к 2025
- Региону нужны инвестиции \$1,2 трлн на развитие энергетики до 2040 года



Основное решение состоит в развитии **транзакционной энергетики** для вовлечения ресурсов конечных потребителей и **plug & play гибридные «островные» (автономные) энергосистемы**

Рост доли распределенных источников энергии повышает эффективность энергетики за счет меньшей зависимости от централизованной генерации, локализации энергетических балансов, а также вовлечения ресурсов конечных потребителей и энергоснабжающих компаний в управление энергетикой и регулирование энергосистем.

Но при существующей архитектуре энергосистем **распределенная энергетика** сталкивается в **новым вызовом** – **резким ростом издержек**.



Рост транзакционных издержек с ростом числа транзакций и их участников



Высокая стоимость информационной интеграции оборудования в контуры управления



Высокая стоимость интеграции силового оборудования в сети с обеспечением стабильности

Высока **потребность** создания и реализации **нового архитектурного подхода** построения энергосистем и сетей, особенно малого масштаба. Эти вызовы были учтены при создании **архитектуры Интернета энергии (IDEA)**



# ЭФФЕКТЫ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ПРИМЕРЕ

Кейс Титановой Долины (площадка Салда), Свердловская область  
Титановая Долина – ОЭЗ с двумя площадками: Салда и Уктус.  
Сегодня потребности в электроснабжении потребителей на площадке Салда составляют **5 МВт** и обеспечиваются ПС «Титан» 110/10 кВ с трансформаторами **2 × 10 МВА**. Прогнозируется рост потребления за счет новых резидентов до 25 МВт в ближайшие 10 лет. Возможности подстанции могут быть расширены не более, чем до 20 МВА.

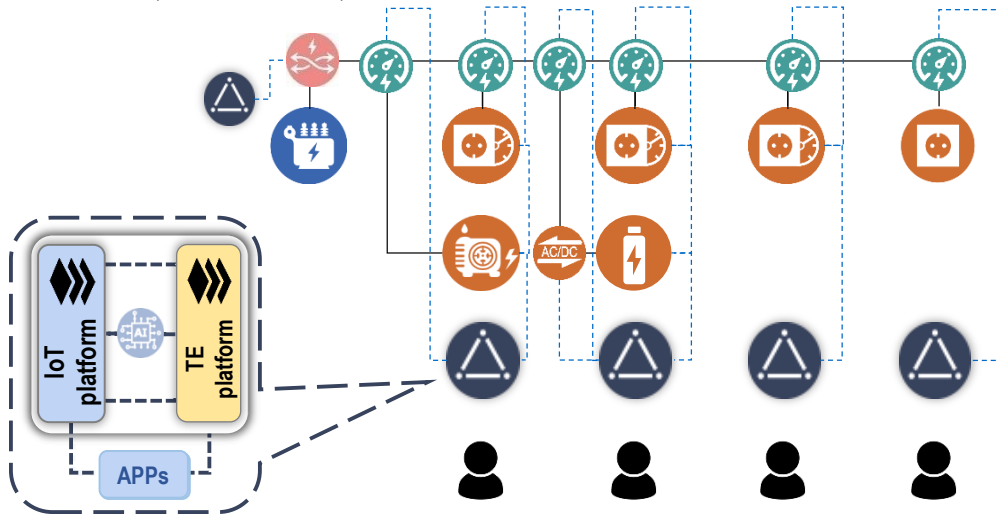
Возможные сценарии:

**Basic scenario.** Строительство второй ПС 110/10 кВ (2 × 25 МВА).

**IDEA scenario №1.** Управление спросом до **13 МВт** три раза в день и две СНЭ **0,25 МВт** и **0,5 МВт** (1,7 МВт·ч в сумме).

**IDEA scenario №2.** ГПУ **3,5 МВт** и СНЭ **2 × 0,25 МВт** (1,1 МВт·ч в сумме).

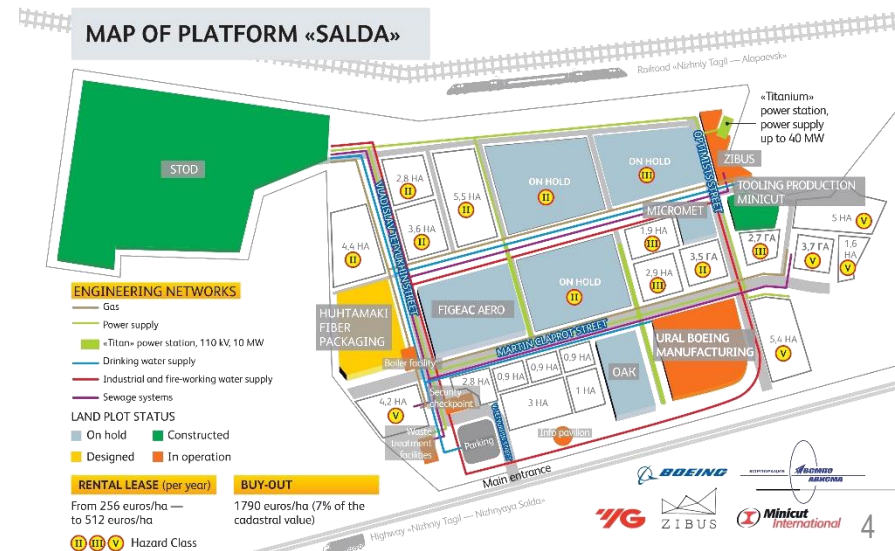
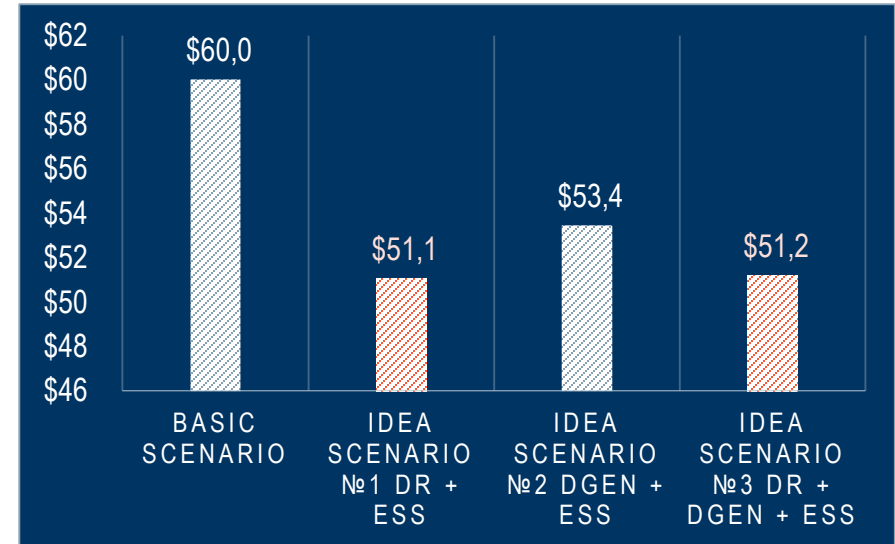
**IDEA scenario №3.** Управление спросом на **1,5 МВт** раз в день, ГПУ **3,5 МВт** и СНЭ **0,25 МВт** на **0,6 МВт·ч**.



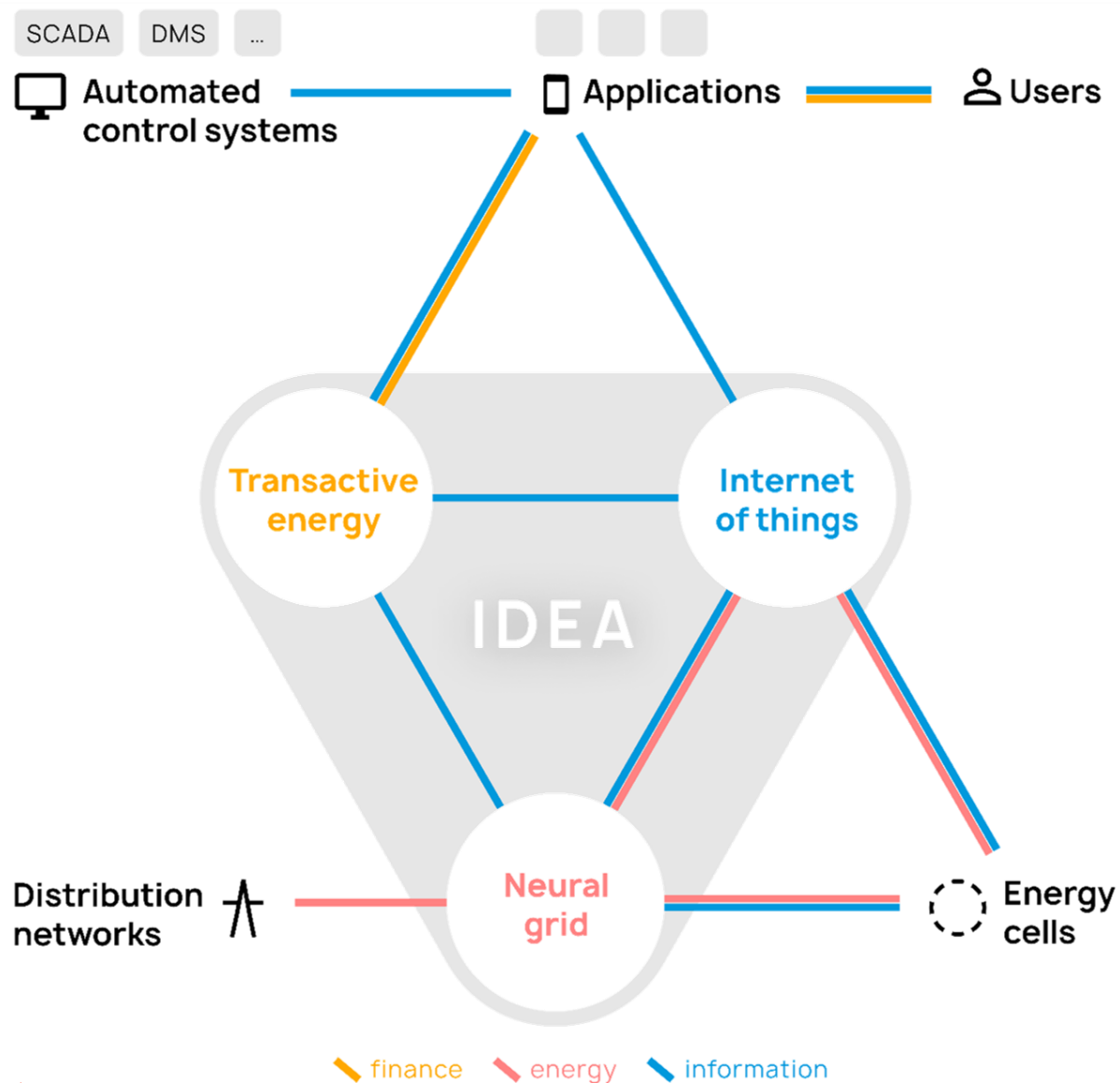
IC ENERGYNET

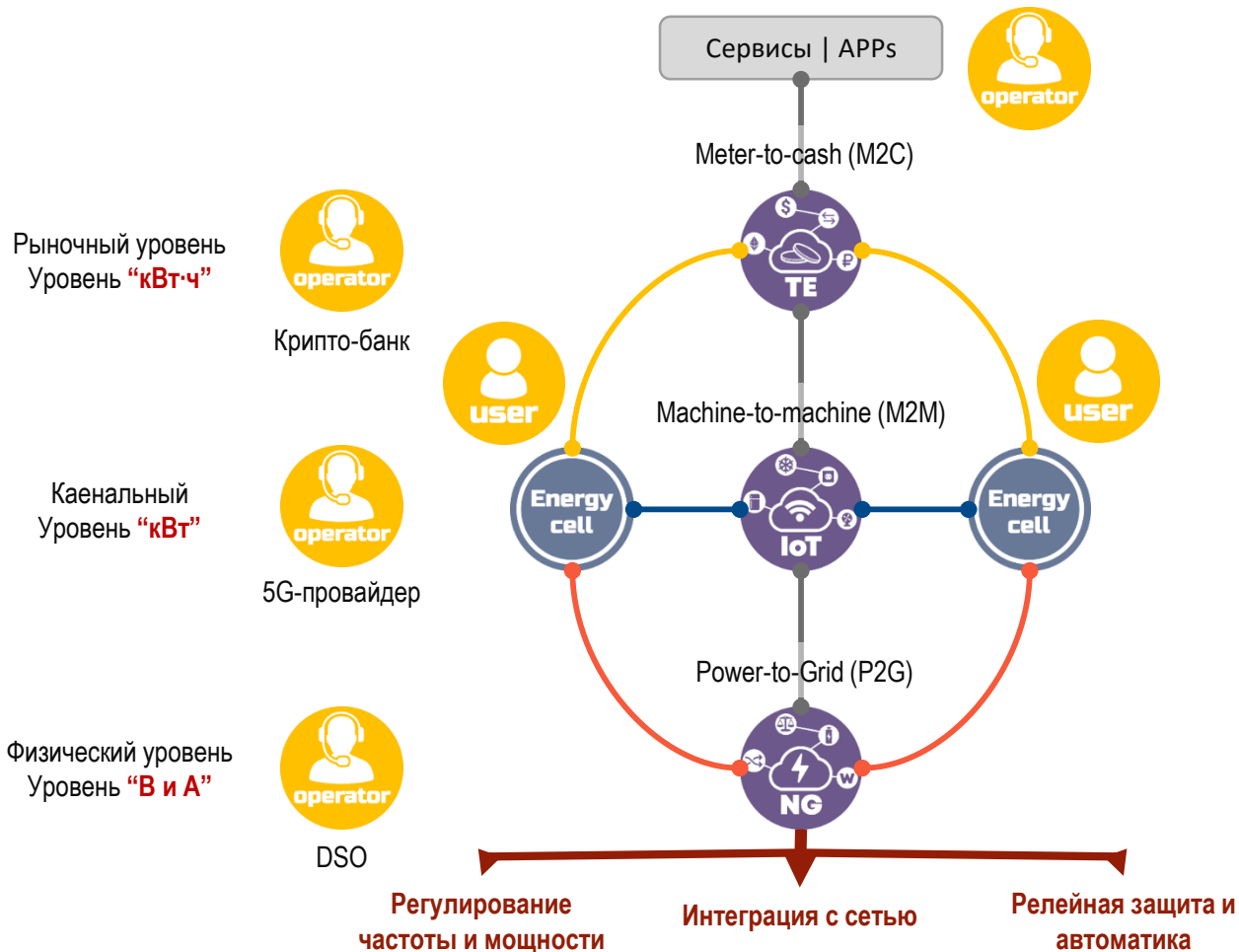
Источник: RTSoft

Стоимость электроснабжения Титановой Долины (CAPEX + OPEX за 10 лет), миллионы \$









Энергетическая транзакция – это взаимодействие между двумя пользователями Интернета энергии и их активами, при котором происходит передача мощности через сеть как результат контракта на платформе транзакционной энергетики и межмашинного взаимодействия оборудования пользователей. Энергетическая транзакция состоит из трех взаимодействий:

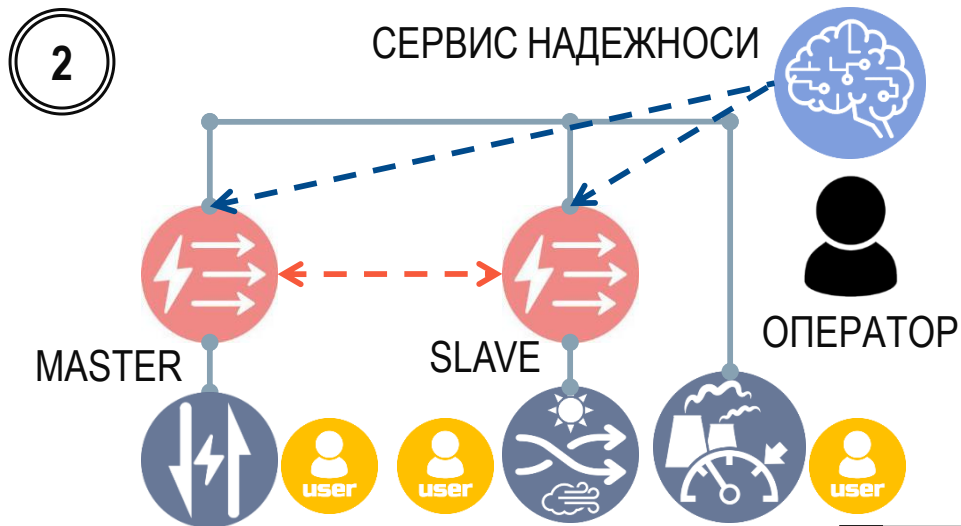
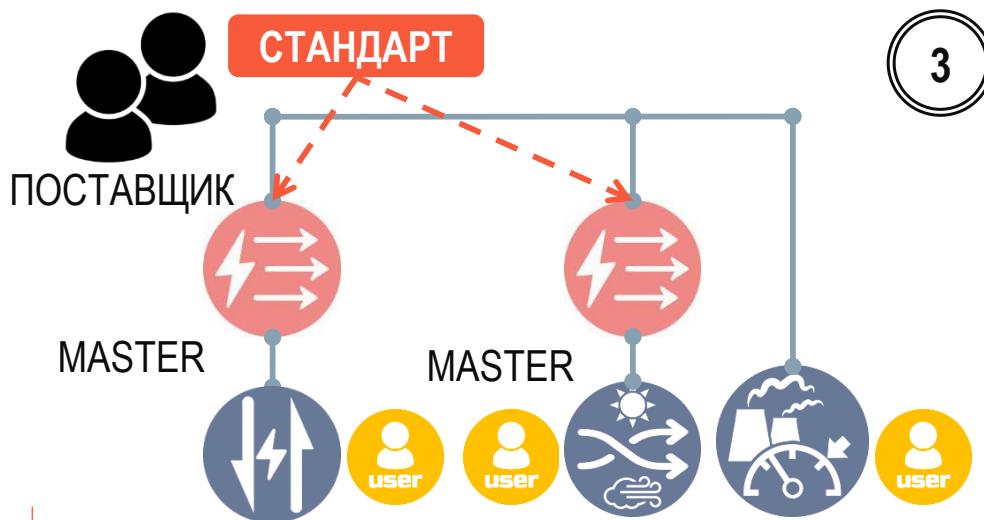
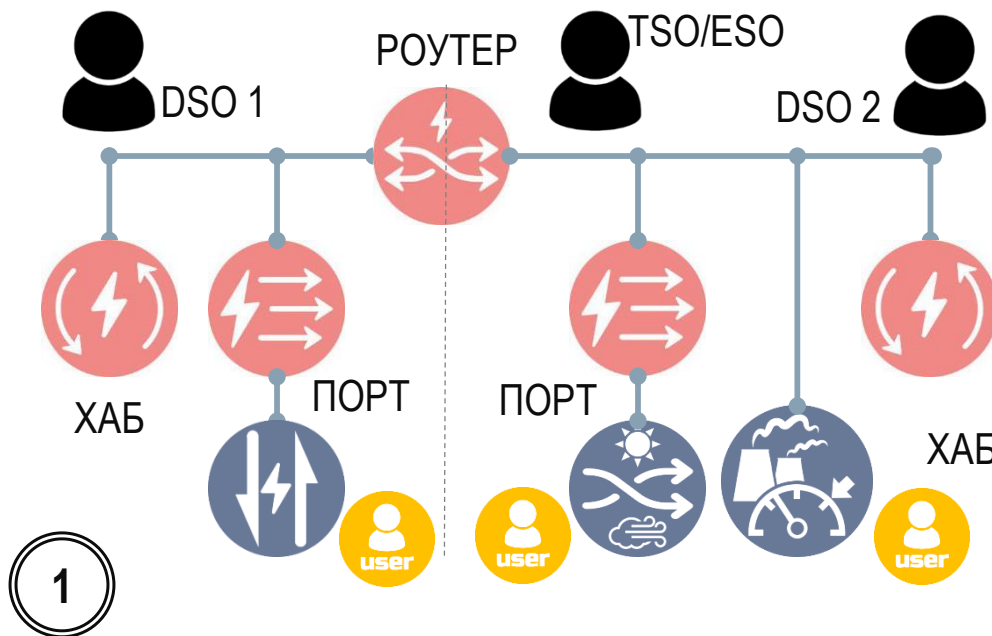
1. Экономическое взаимодействие пользователей и их цифровых активов по заключению **смарт-контрактов**, их верификации и оплате. Этот уровень **meter-to-cash** обеспечивается **TE**.
2. **Machine-to-machine** взаимодействие с обменом управляющими сигналами и командами для реализации транзакции. Обеспечивается **IoT**.
3. Физическое взаимодействие посредством электрических сетей, при котором происходит фактическая реализация транзакции с передачей электроэнергии и мощности при обеспечении стабильности режима. Обеспечивается **NG**.

# ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ NEURAL GRID ДЛЯ REMOTE MICROGRID

National  
Technology Initiative

На сегодняшний день предложены три варианта реализации функционала NG:

- 1 Создание специальной инфраструктуры системы Neural Grid на основе энергетических хабов и роутеров. В этом случае задачи Neural Grid решаются на уровне **сети**.
- 2 Создание приложений сервисов, которые обеспечат быструю передачу функции источника напряжения другому инвертору в случае аварии. Задачи Neural Grid решаются на уровне **платформы**.
- 3 Создание стандарта для инверторов, работающих в режиме multi-master. Задачи Neural Grid решаются на уровне **оборудования пользователей**.

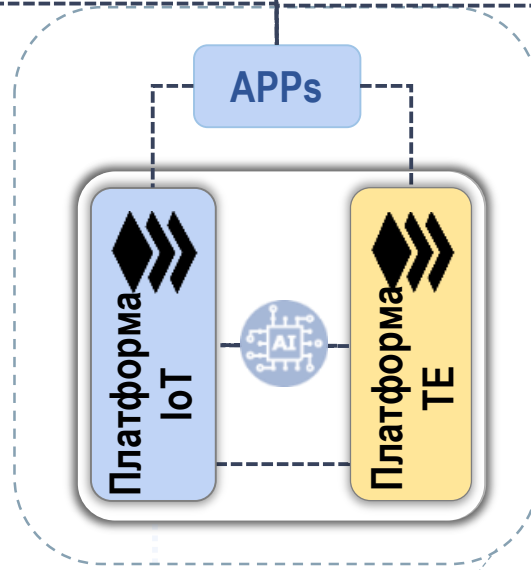


IC ENERGYNET

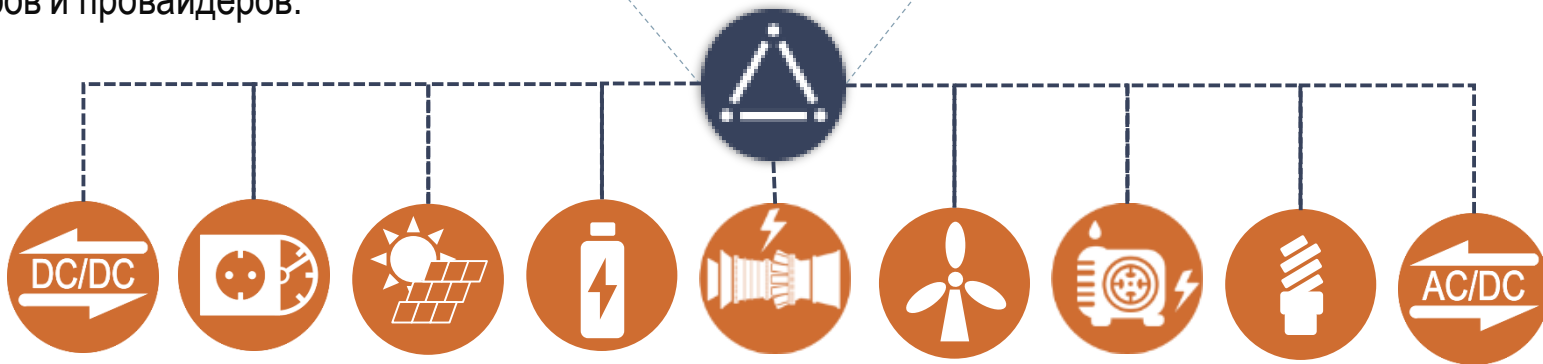


Интернет энергии (IDEA) разрабатывается как открытая платформа и подход, позволяющие конструировать IDEA-подобные энергосистемы с:

- Разными типами энергетических установок разных поставщиков;
- Разными типами сервисов и приложений от разных операторов и провайдеров.



Реализуется трехэтапный план реализации решений IDEA (варианта реализации) на полигоне REIDS в Сингапуре для демонстрации эффективности подхода







**14 – 16 мая 2019 года** состоялся визит представителей проекта IDEA, Института арктических технологий МФТИ, команды Ønder и АО «РТСофт» в Сингапур, в ходе которого:

1. Было подписано **Соглашение о сотрудничестве в области исследований (RCA)** с **Наньянским технологическим университетом**, предполагающее реализацию первой стадии пилотного проекта IDEA на полигоне **REIDS**.
2. Был проведен **семинар** «Архитектура Интернета энергии» с участием представителей Наньянского технологического университета, EDF, Engie, Rolls Royce.
3. Состоялось **посещение полигона REIDS** (о. Семакау) и совещание с командой проекта REIDS по техническим аспектам пилотного проекта.

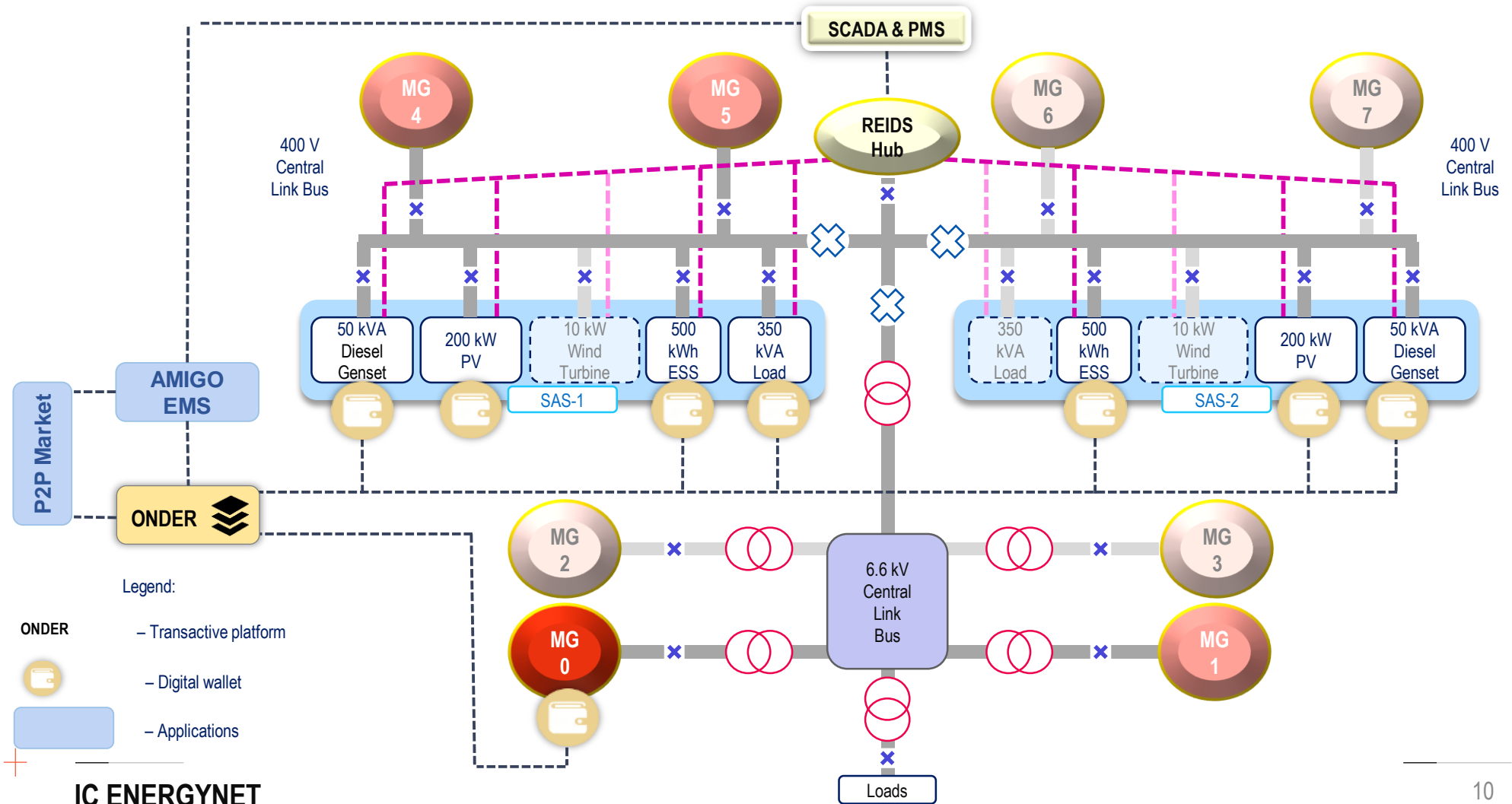


edf



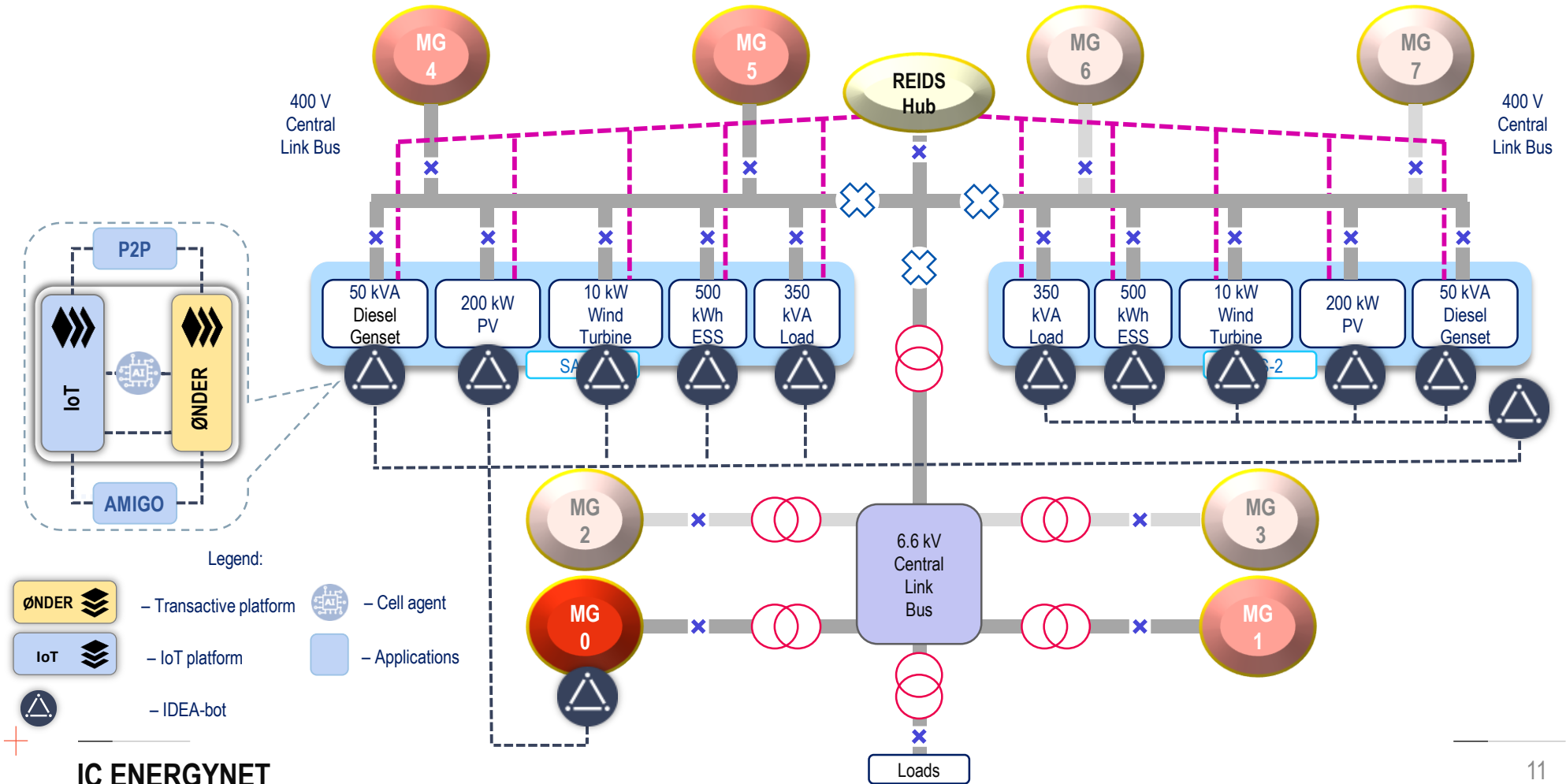
# ЭТАП 1. TRANSACTIVE ENERGY

Платформа TE от **ONDER** устанавливается на имеющиеся активы общего доступа (SAS-1 и SAS-2) и Microgrid 0 для обеспечения транзакций между ними на базе блокчейн-технологии. Приложение **P2P-рынка** симулирует ценовые сигналы для транзакций и **AMIGO EMS** от **RTSOFT**. **AMIGO EMS** обеспечивает оптимальное управление активами SAS, работая с данными REIDS Hub и обменивается данными и сигналами с имеющимися SCADA и PMS.



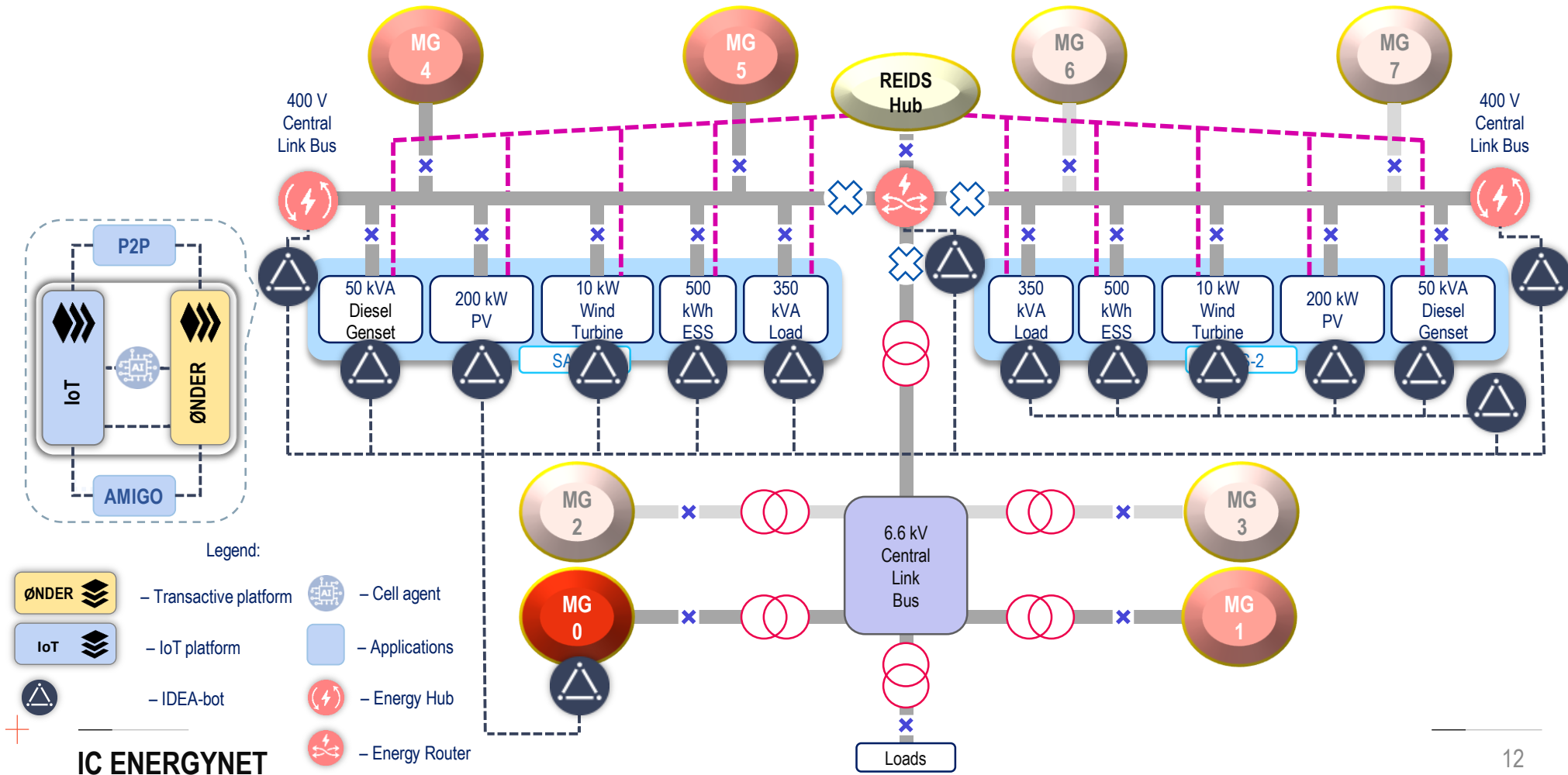
# ЭТАП 2. TRANSACTIVE ENERGY + INTERNET OF THINGS

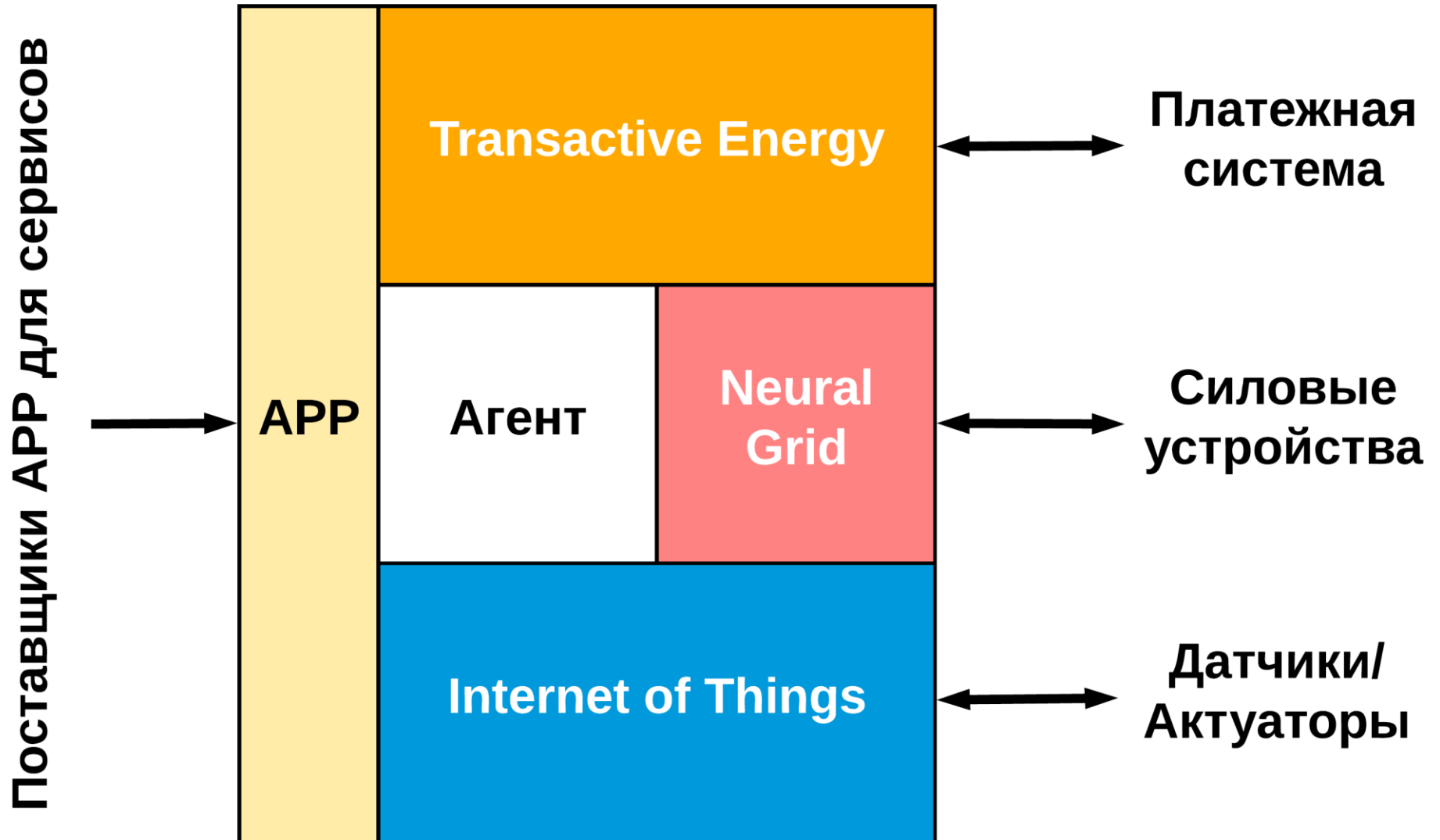
IDEA-bot устанавливается на активы SAS-1, SAS-2 и MG0. IDEA-bot – специальное управляющее устройство для энергетических транзакций. Оно подключает активы к TE и платформе IoT и позволяет управлять активами энергетической ячейки. IDEA-bot содержит «экземпляры» этих платформ и обеспечивает доступ к приложениям и сервисами, построенным на основе энергетических транзакций.



# ЭТАП 3. TRANSACTIVE ENERGY + INTERNET OF THINGS + National NEURAL GRID Technology Initiative

Для обеспечения возможности полностью децентрализованного управления и контроля устанавливается система NG. NG состоит из энергетических хабов (опорно-балансирующих устройств) и энергетического роутера (устройства управления потоком мощности) и обеспечивает автоматическое распределенное первичное регулирование частоты и мощности. Автономный микрогрид получает возможность поддерживать стабильными частоту и напряжения без централизованного управления.





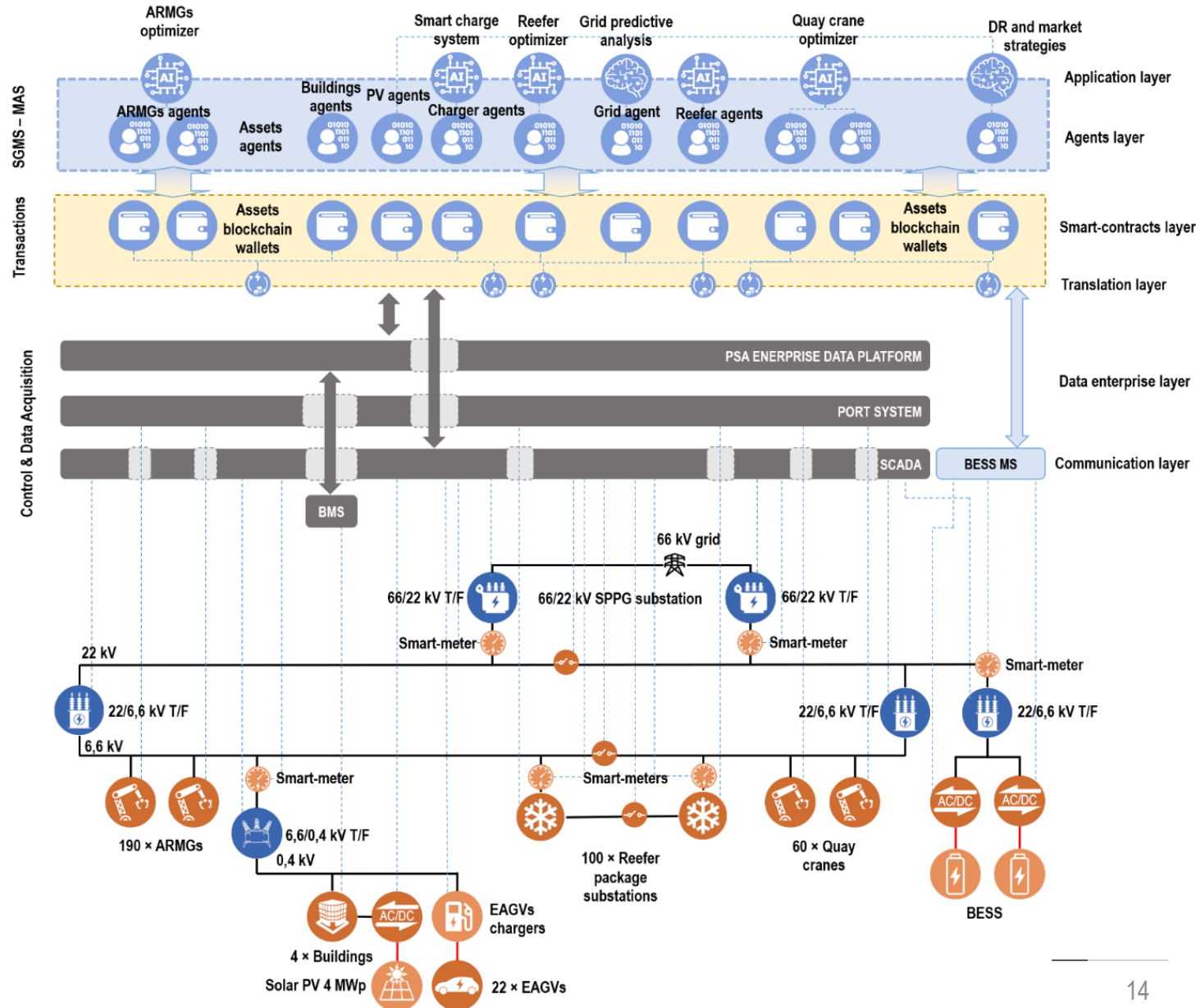


# СЛЕДУЮЩИЙ ШАГ: ИНТЕРНЕТ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ТЕРМИНАЛОВ PASIR PANJANG 4 – 6 СИНГАПУРСКОГО ПОРТА

## Smart Grid Management System

должна работать на основе архитектуры Интернета энергии (IDEA) как **мульти-агентная система** с заключением смарт-контрактов между агентами на блокчейн-платформе. В этой системе активы порта и его сетей будут работать на базе квази-рыночной логики в целях обеспечения надежности, сглаживания нагрузки, оптимизации спроса на электроэнергию и мощности и участия на внешних рынках.

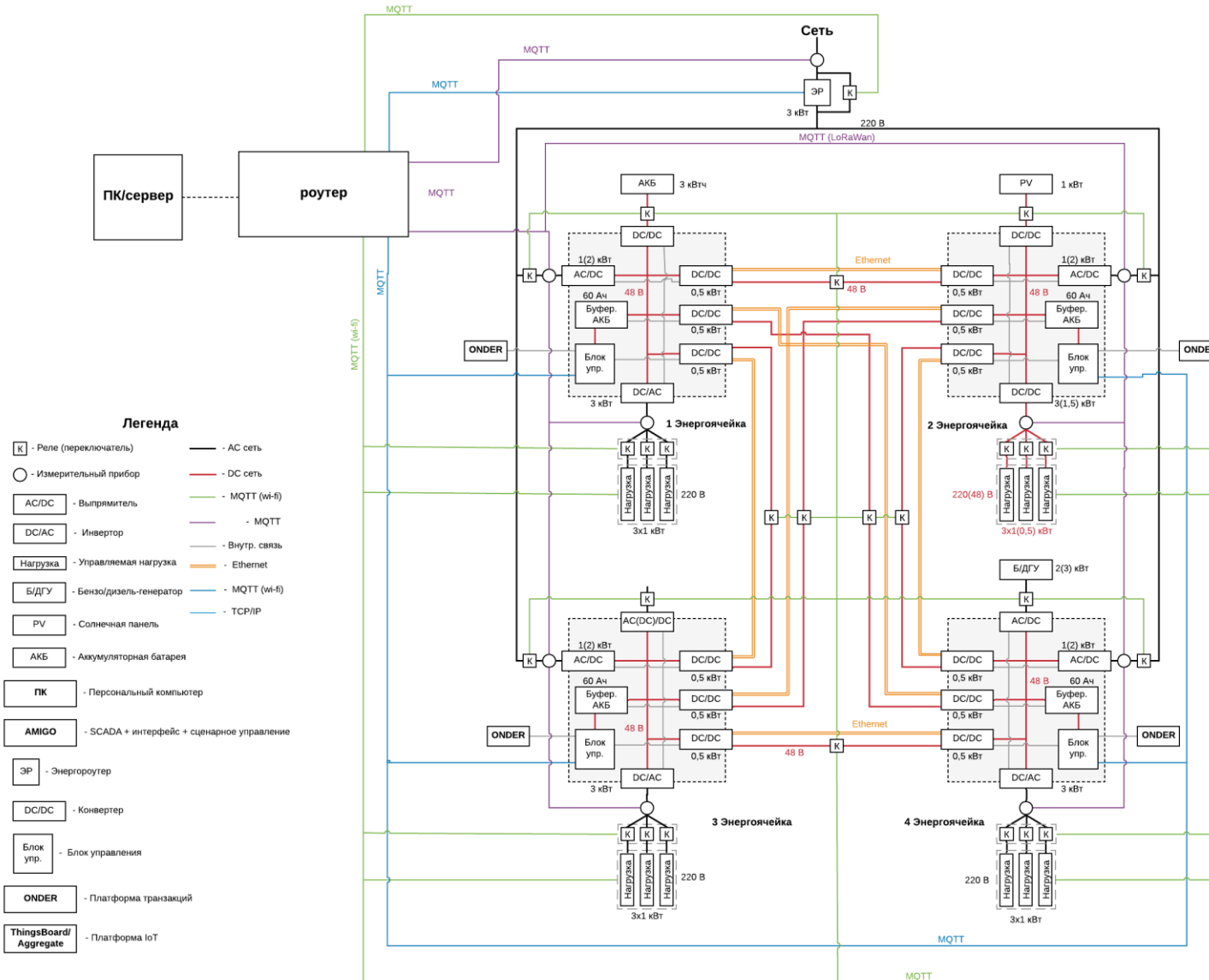
1. Каждый актив получает аватар и кошелек на ТЕ для учета данных и заключения смарт-контрактов.
2. Каждый актив получает интеллектуального агента для кооперации в сглаживании пика и оптимизации потребления.
3. «Агент сети», управляющий сетевым оборудованием, покупает «гибкость» и другие услуги у других агентов.
4. Приложения с элементами AI помогают агентам выстраивать верные стратегии.



**Демонстрационный комплекс Интернета энергии –** развернутая энергосистема на базе кампуса МФТИ, состоящая из четырех просьюмеров и управляется согласно принципам архитектуры Интернета энергии (IDEA).

## Демонстрационные сценарии:

1. Подключение нового просьюмера к энергосистеме
2. Peer-to-peer энергорынок между энергетическими ячейками
3. Работа в режиме ограниченного электроснабжения



# Национальная технологическая инициатива

Пространство возможного

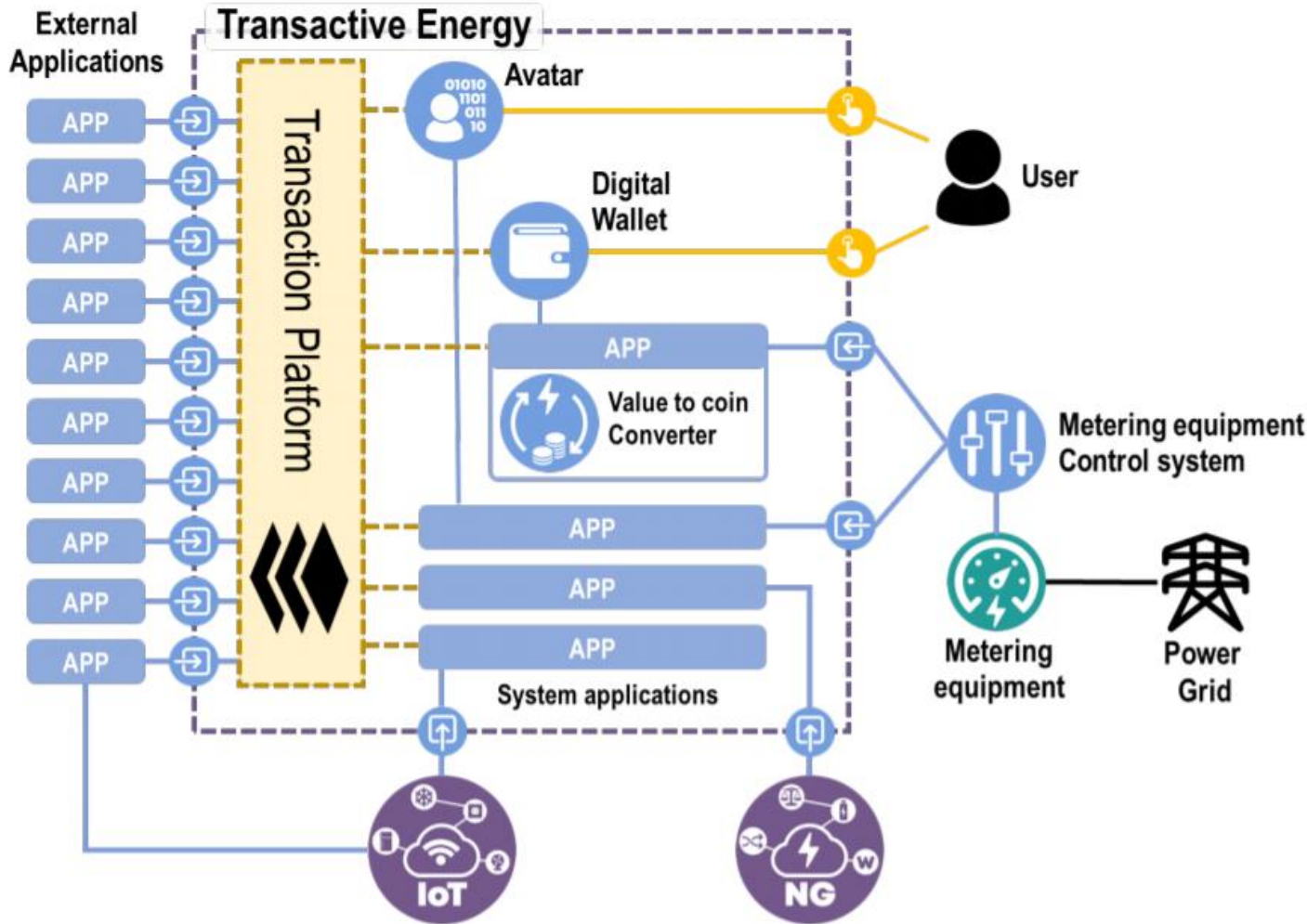
## Спасибо за внимание!

Официальный сайт:  
<https://energynet.ru>

Информационно-аналитический канал  
«Internet of Energy»:  
<https://t.me/internetofenergy>  
<https://medium.com/internet-of-energy>



# TRANSACTIONAL ENERGY – FINANCIAL EXCHANGE BASED ON COMMITMENTS



**The Transactive Energy** system is designed for administration, signing, execution, verification, billing and payment of smart contracts. The architecture of the TE system maintains the strict compliance between the users, their avatars and digital wallets.

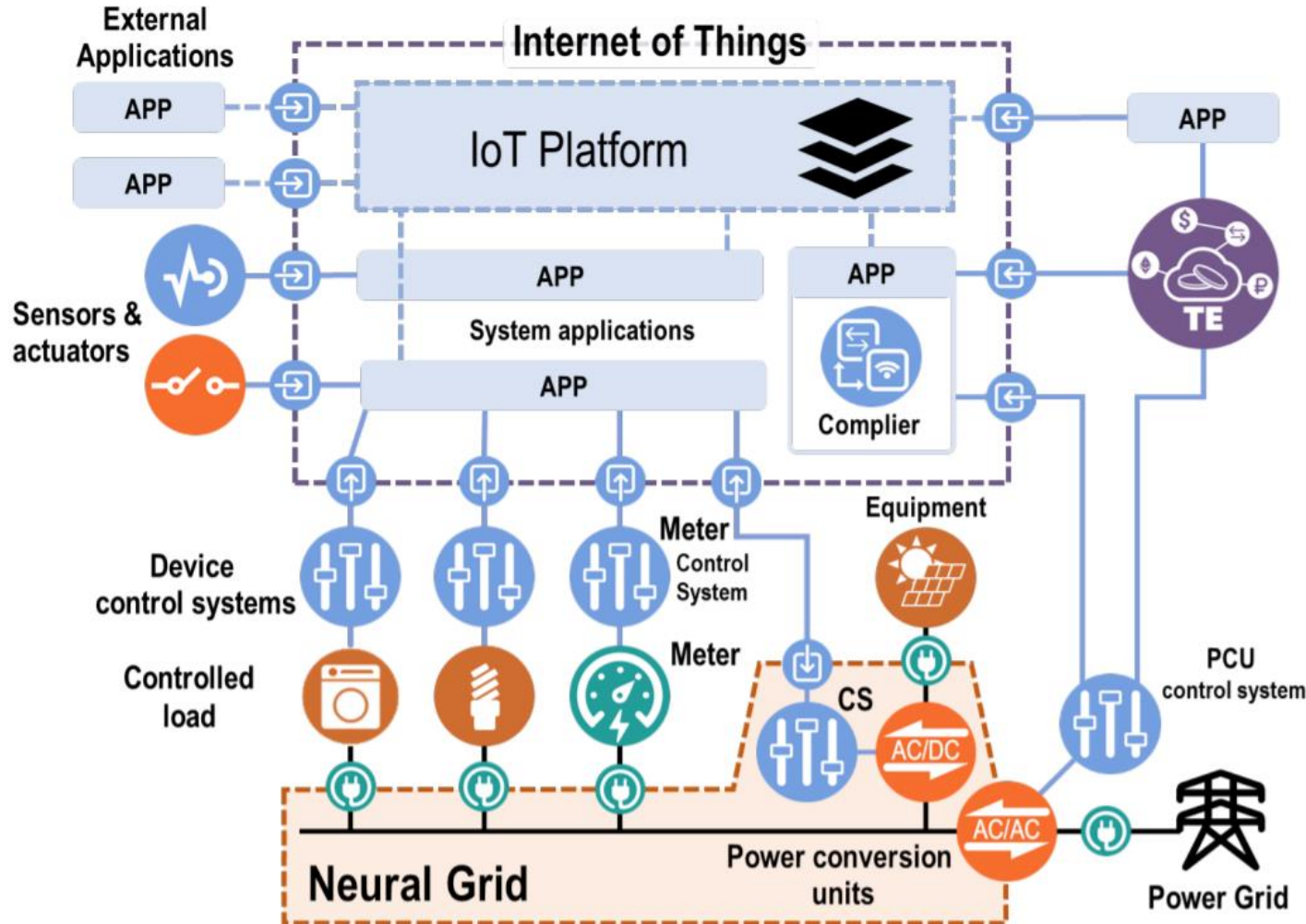
Therefore, the TE system helps to ensure data interconnection between:

- avatars of the users that sign peer-to-peer smart contracts;
- user applications that provide a variety of services by smart contracts;
- measurement tools that control the contract execution;
- digital wallets that exchange payments under smart contracts





# INTERNET OF THINGS – A MACHINE-TO-MACHINE INTERACTION IN ORDER TO CREATE COORDINATED CONTROL



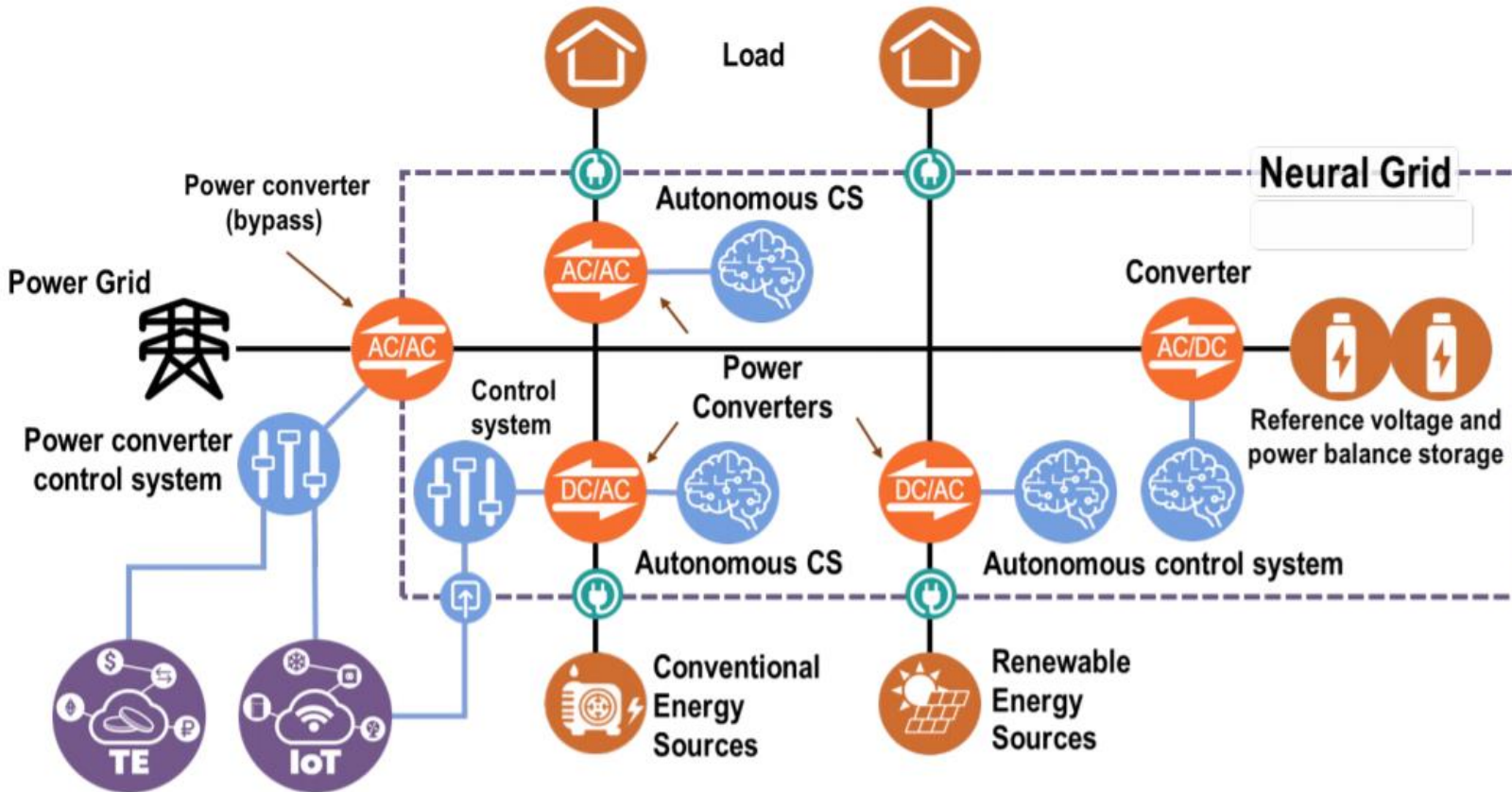
**The Internet of Things** system allows user apps to build a multi-agent grid control based on machine-to-machine interaction and coordinated work. This control aims to create and manage the power transmission mode and its parameters, as well as economical optimization of the power grid.

The IoT system allows maintaining economical self-organization and optimization, mutual adjustment of such pools.



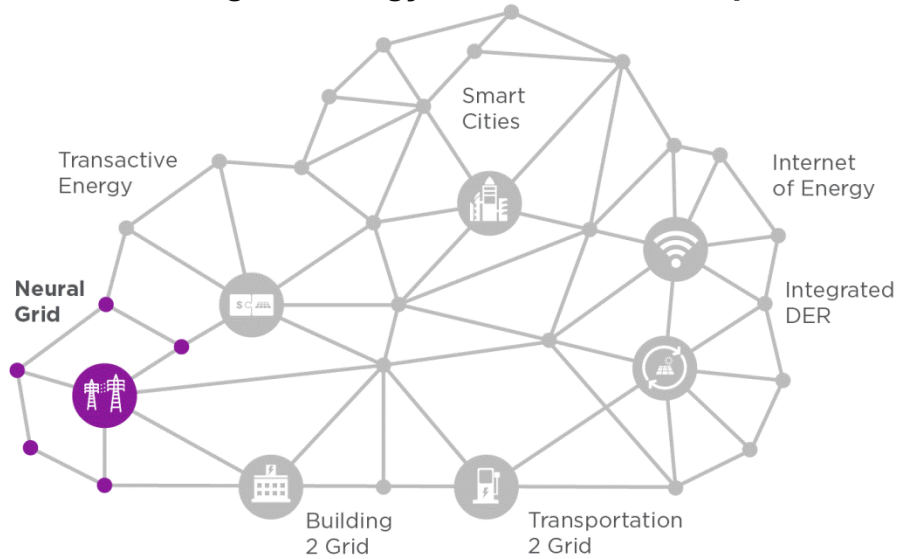


# NEURAL GRID – STATIC AND DYNAMIC STABILITY FOR THE PLUG & PLAY ENERGY SYSTEM OF ENERGY CELLS

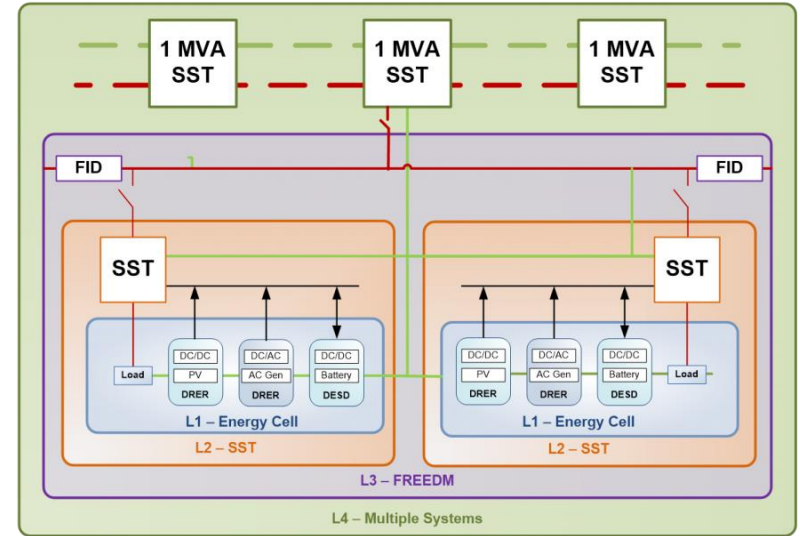


**The Neural Grid** system provides static and dynamic stability for power system with decentralized control only and provide possibility of energy transactions in power systems that have not base generation for primary frequency regulation. It's elements provide reference voltage, control power balance and thus frequency, manage and control power flows.

## Navigant Energy Cloud v 4.0 concept



## FREEDM Distributed Energy Architecture



Recommended  
TE Focus Area

## Transactive Energy's place in the power industry

