

Работа энергокомплексов при присоединении параллельно к электрическим сетям, без передачи энергии в сеть (режим «следования за нагрузкой»)

Как правило, выпускаемое ведущими производителями генерирующее оборудование, предназначенное для распределенной генерации электроэнергии (дизель-генераторы, микротурбинные или газопоршневые установки) имеет возможность работы в двух различных режимах:

- в «островном» (автономном) режиме – без присоединения к сетям
- параллельно с сетями

Отличие состоит в способе управления генерацией электрической энергии для каждой единицы оборудования.

Автономный (островной) режим

К выходным клеммам оборудования подключена только электрическая нагрузка объекта (рис. 1). Нагрузка может изменяться от 0 до 100%, при этом оборудование генерирует электрическую энергию, обеспечивая постоянный уровень напряжения независимо от нагрузки (0,4; 6,3; 10,5 кВ). В этом режиме выходное напряжение - главный параметр, который поддерживается автоматикой генерирующего оборудования.

Если энергокомплекс состоит из параллельно включенных единиц оборудования, уровни напряжения и фазы между ними должны быть строго синхронизированы и автоматически регулироваться для обеспечения равномерной загрузки генерирующего оборудования. Для этого, как правило, используется специальная система управления, выполненная в виде отдельного модуля или поставляемая в составе каждой единицы оборудования.

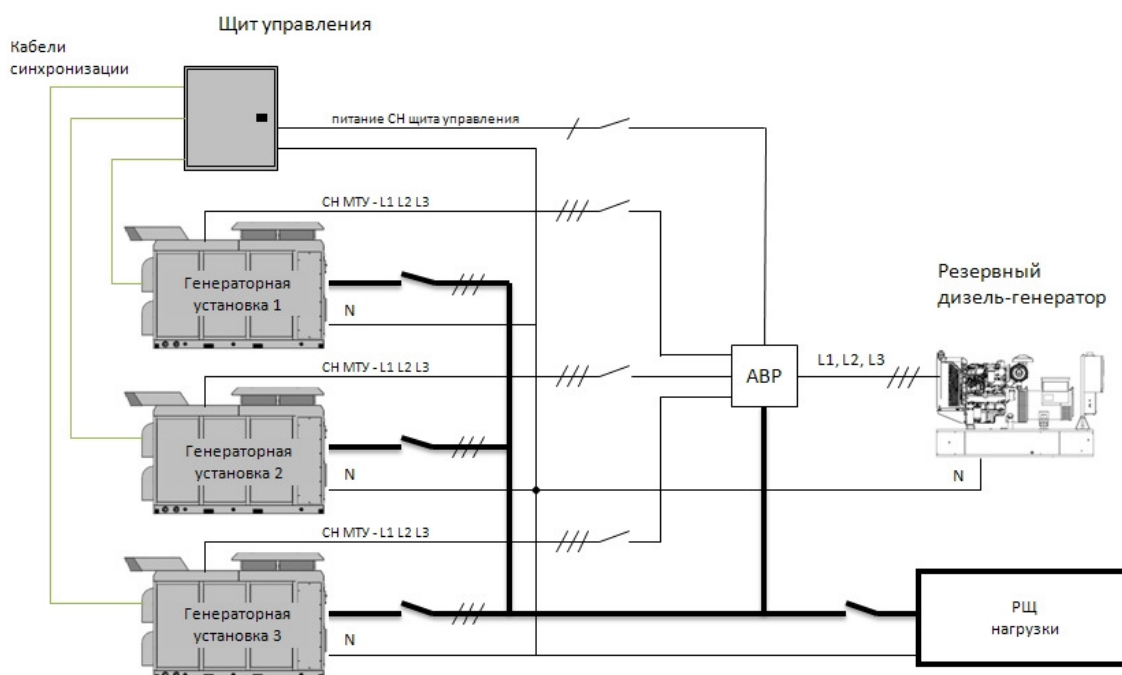


Рис. 1. Пример параллельного включения в автономном (островном) режиме.

Режим параллельно с сетями

Генерирующее оборудование подключается параллельно к сетям и к локальной электрической нагрузке. Для генерирующего оборудования сеть представляет собой источник напряжения 400VAC неограниченной мощности с внутренним сопротивлением, близким к 0. Потребляемая мощность локальной нагрузки пренебрежимо мала по сравнению с мощностью сети и в этих условиях нагрузка никак не влияет на параметры сети (напряжение, фаза, частота).

Генерирующее оборудование при таком соединении оказывается подключенным параллельно к источнику напряжения и может генерировать электрический ток (передать электрическую мощность) в направлении локальной нагрузки и сети в любом количестве (в силу низкого внутреннего сопротивления сети), в пределах собственной выходной мощности (см. рис.2.).

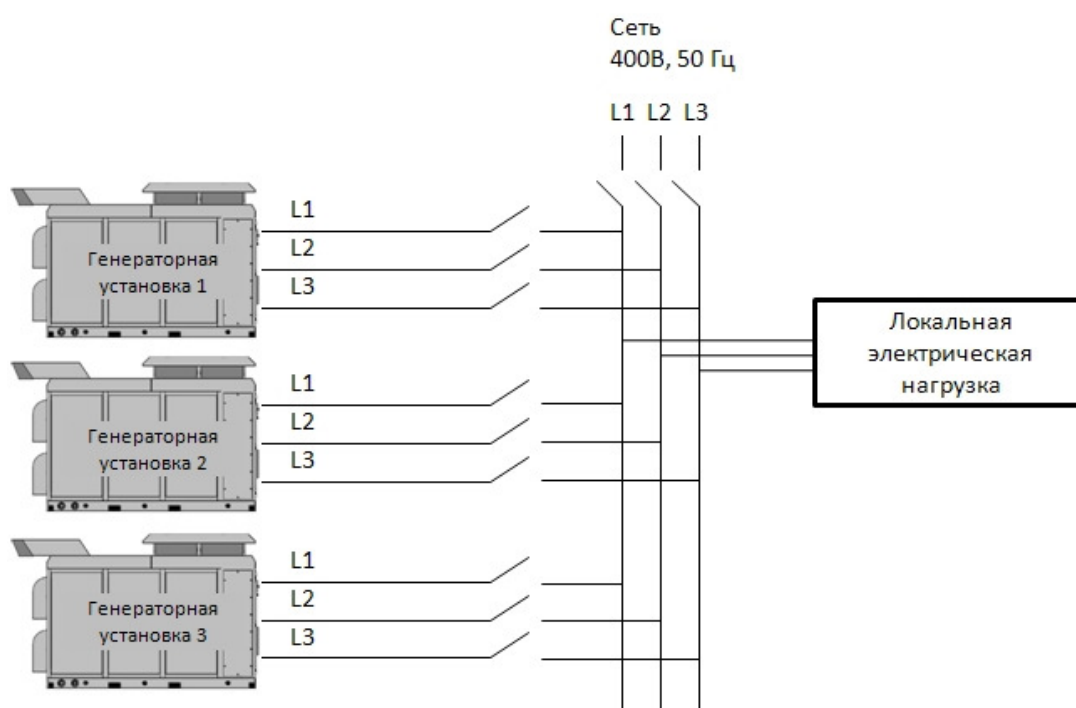


Рис. 2. Пример включения параллельно с сетью.

Таким образом, в отличие от «островного» режима, где происходит генерация напряжения, в данном случае генерируется ток (Current Mode). Количество электрической энергии (мощности), передаваемой в сеть и в локальную нагрузку, может регулироваться параметром «Total Power requested». Этот параметр может быть установлен вручную, с панели управления, либо через коммуникационные каналы (например, Modbus). Данная возможность позволяет при необходимости автоматически регулировать суммарную мощность генерации энергокомплекса (например, как будет показано ниже, для предотвращения передачи энергии в сети).

Каждая единица оборудования самостоятельно синхронизируется с сетевым напряжением и контролирует его параметры. Специальные меры по синхронизации работы между единицами генерирующего оборудования в данном режиме не требуются, следовательно, теоретически параллельно с сетями может быть включено любое количество единиц оборудования.

Работа параллельно с сетями широко распространена в западных странах благодаря наличию законодательного разрешения и существующим тарифам передачи энергии от распределенных источников в сеть, благодаря чему использование этого режима экономически выгодно.

В РФ работа генерирующего оборудования параллельно с сетями в настоящее время встречается редко из-за отсутствия разрешений сетевых компаний **на передачу энергии в сеть** и отсутствия соответствующих тарифов.

Режим параллельно с сетями, «следование за нагрузкой»

Однако, имеется возможность организации работы энергокомплекса параллельно с сетями, но **без передачи электрической энергии в сеть**. Этот режим работы имеет наименование **«следование за нагрузкой»** (см. рис 3.).

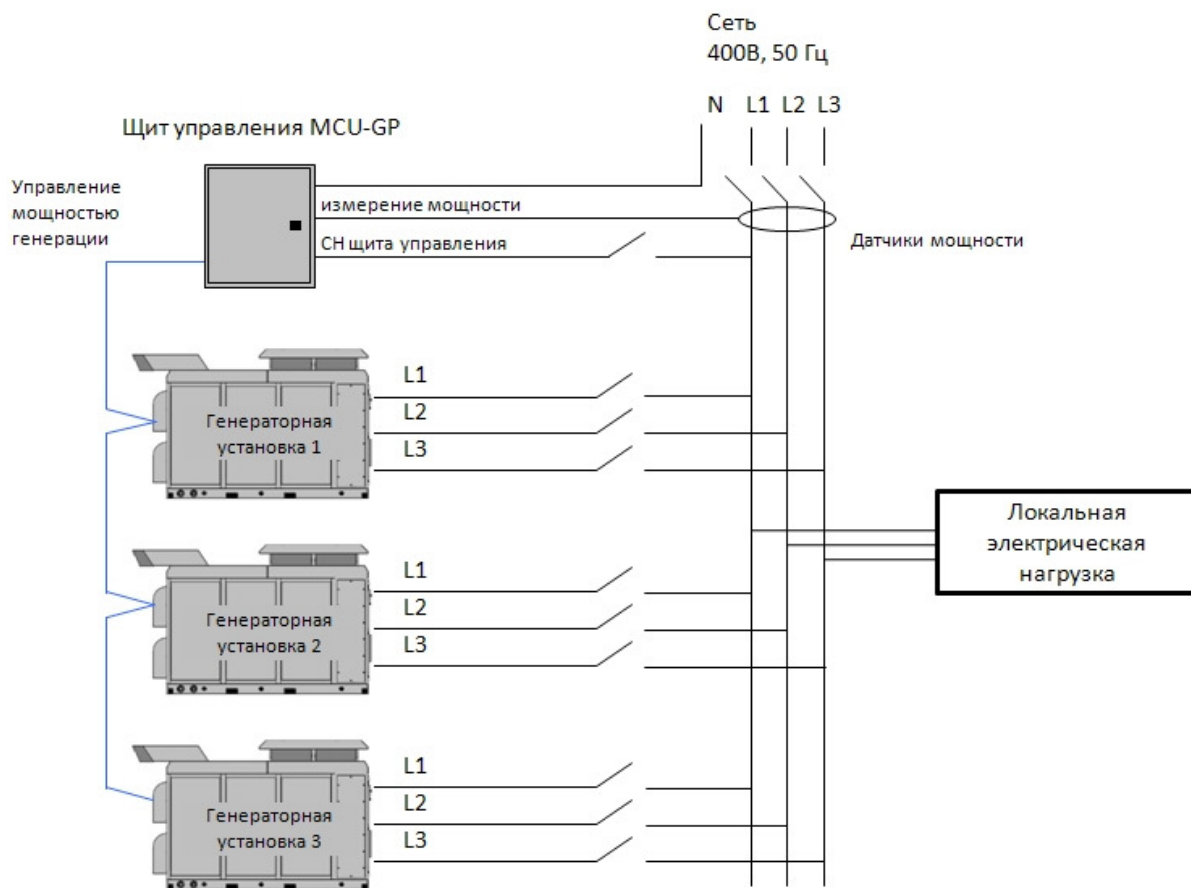


Рис. 3. Пример включения параллельно с сетью в режиме «следования за нагрузкой».

Пример реализации режима «следования за нагрузкой»

Применение режима параллельной работы с сетями и «следования за нагрузкой» можно рассмотреть на примере энергокомплекса на базе четырех газовых микротубинных установок (МТУ) TA-100RCHP. Такой энергокомплекс был построен нашей компанией на базе разработанного программно-аппаратного комплекса и эксплуатируется на одном из стекольных заводов в РФ.

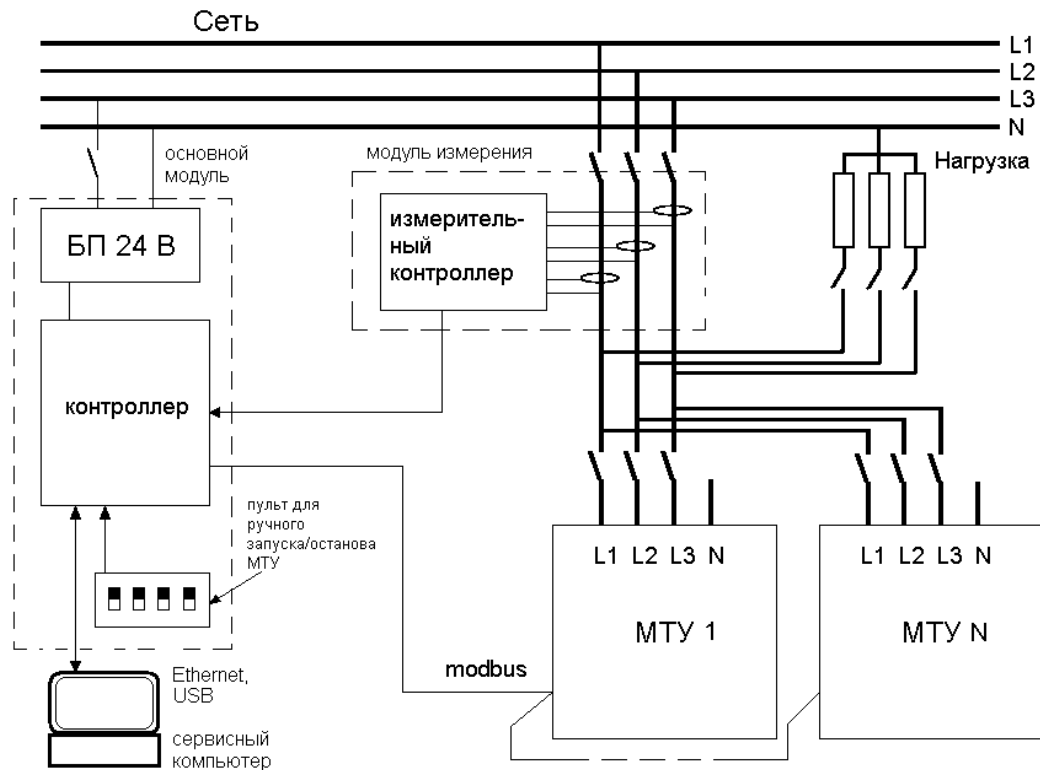


Рис. 4. Программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий работу в режиме «следования за нагрузкой»

Четыре МТУ подключены параллельно к сети 3 ф. 380-400В. Подключение производится только по 3-м фазам, без нейтрального провода. При таком подключении МТУ при инсталляции переключены в режим Utility Mode и работают в «токовом режиме», то есть в режиме автоматической стабилизации выходного тока (мощности). При условии $P_{\text{сети}} \gg P_{\text{МТУ}}$ на данном объекте параллельно к сети может быть подключено неограниченное количество МТУ.

В МТУ TA-100RCHP имеется возможность установки вручную (с панели управления) или через коммуникационный порт RS485, по протоколу Modbus, величины выходной мощности генерации в диапазоне 0-105 кВт, а также контроля установленного ранее значения и текущей мощности генерации. Данные возможности управления используются для реализации режима работы «следование за нагрузкой». МТУ при этом находятся в режиме полного удаленного управления через коммуникационный порт RS485 (Full Remote Mode). Управление осуществляется от внешнего контроллера MCU-GP, разработанного и изготавливаемого нашей компанией.

При работающих МТУ локальная нагрузка потребляет мощность ($P_{\text{лн}}$) одновременно от сети и от микротурбинных установок. Увеличение мощности генерации МТУ ($P_{\text{ген}}$) или снижение $P_{\text{лн}}$ приводит к снижению мощности, потребляемой локальной нагрузкой от сети ($P_{\text{сети}}$) и при $P_{\text{ген}} > P_{\text{лн}}$ начинается обратная передача мощности в сеть (см. рис.5, б).

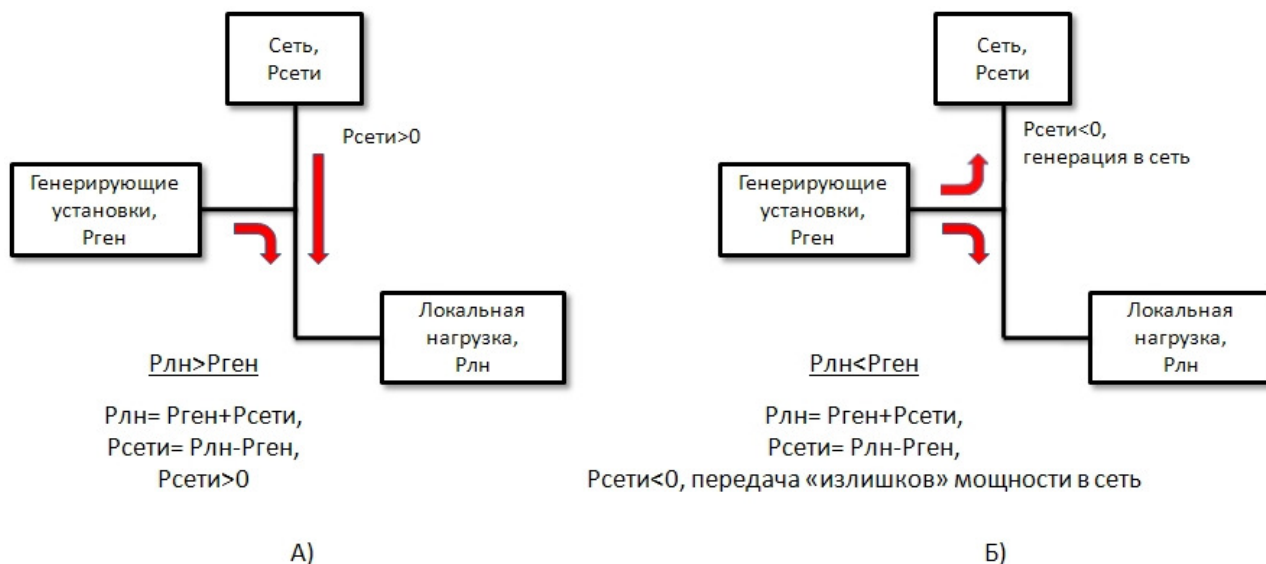


Рис. 5. Распределение мощности генерирующих установок при различных соотношениях мощности нагрузки и генерации.

На основании показаний измерительного контроллера система определяет значение мощности, потребляемой от сети на вводе, см. рис.3, 4. При изменении локальной нагрузки это значение меняется: при росте локальной нагрузки – увеличивается, при её уменьшении – падает, при дальнейшем уменьшении нагрузки начинается передача мощности в сеть. Программно-аппаратный комплекс при любом уровне локальной нагрузки предотвращает такую передачу:

- При настройке системы программно задается минимальное значение мощности, потребляемой от сети.
- По достижении заданного минимального значения контроллер в соответствии с алгоритмом изменяет мощность генерации всех МТУ таким образом, чтобы предотвратить передачу электрической энергии от МТУ в сеть и поддерживать заданное минимальное значение мощности, то есть поддерживает соотношение $R_{лн} > P_{ген}$ (см. рис. 5, а)

Вследствие функционирования такого алгоритма энергоблок при любых значениях локальной нагрузки работает с некоторым потреблением энергии от сети.

Уровень минимальной потребляемой мощности от сети – настраиваемая величина, зависит от графиков изменения локальной нагрузки, на данном объекте составляет около 40кВт.

Таким образом, реализация режима «следования за нагрузкой» для работы энергоблока на базе микротурбинных генераторов типа ТА-100 позволяет выполнить одно из основных технических требований энергоснабжающих организаций – исключить передачу электрической мощности в сети и одновременно использовать преимущества работы оборудования параллельно с существующими сетями электроснабжения. При использовании такого режима потребление электроэнергии из сетей резко сокращается (при стабильной нагрузке – практически до 0), что при высоких тарифах дает существенную экономию средств предприятия.

При использовании разработанного нашей компанией программно аппаратного комплекса энергоблок, функционирующий в режиме «следования за нагрузкой» может быть построен на базе любого генерирующего оборудования, способного работать параллельно с сетями и имеющего возможность управления мощностью генерации по информационному каналу: микротурбинные установки, газопоршневые агрегаты MWM, F.G.Wilson, дизель-генераторы.

Примеры работы энергокомплекса при изменении локальной нагрузки и в различных режимах работы при параллельном соединении с сетью приведены на графиках:

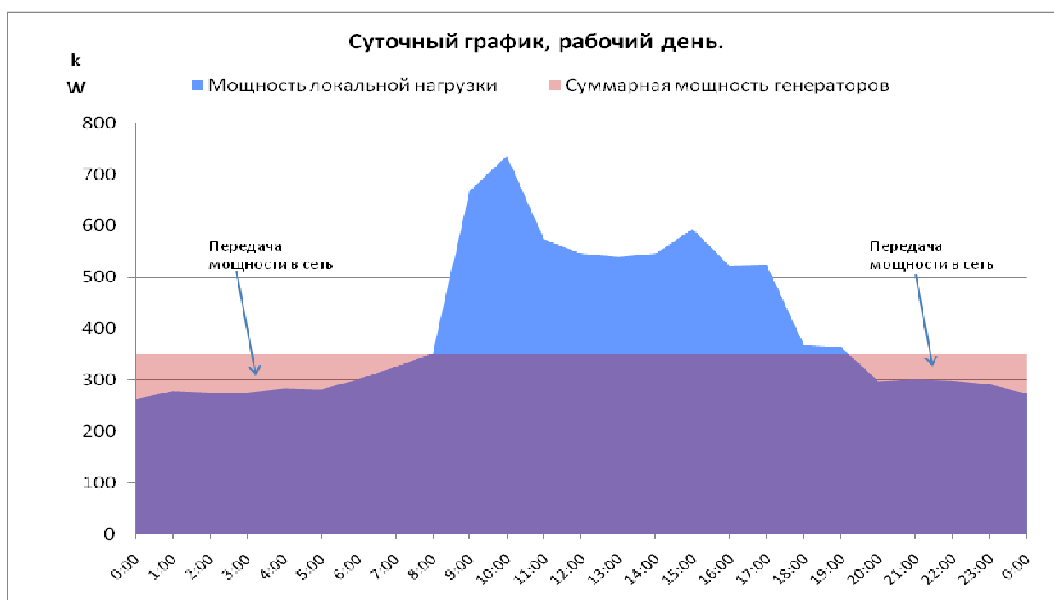


Рис. 6. Мощности локальной нагрузки и генераторов при их включении параллельно с сетью на фиксированной мощности. Имеются зоны, где локальная нагрузка уменьшается и мощность от генераторов передается в сети.

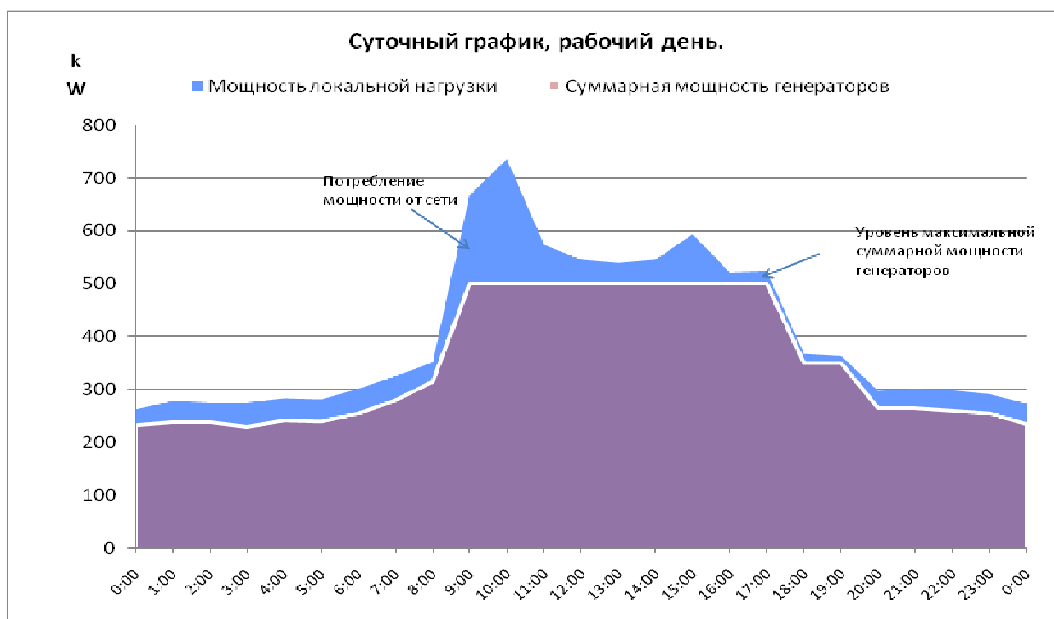


Рис. 7. Мощности локальной нагрузки и генераторов при их включении параллельно с сетью в режиме «следования за нагрузкой». Отсутствует передача мощности в сети, максимально используется мощность генерирующего оборудования.

Состав действующего энергоблока на базе МТУ ТА-100СНР

В состав данного энергоблока входит следующее оборудование (см. рис.4.):

- Микротурбинные установки ТА-100, настроенные для работы параллельно с сетью, 4 шт.
- Измерительный контроллер, 1 шт.
- Основной модуль (контроллер с управляющим программным обеспечением), 1 шт.
- Датчики тока (в соответствии с проектом)
- Силовые кабели (в соответствии с проектом)
- Автоматические выключатели (в соответствии с проектом)
- Сигнальные кабели (в соответствии с проектом)

Аппаратная часть программно-аппаратного комплекса состоит из 2-х модулей:

а) **Измерительный контроллер** для измерения величины и направления электрической мощности (общая величина и пофазно) в точке соединения с сетью.

Состоит из датчиков тока и напряжения и измерительного контроллера. Модуль имеет коммуникационный порт, совместимый с портом основного модуля (например modbus).

Выполняемая функция – измерение и передача по запросу величины и направления электрической мощности по информационному каналу.

б) **Основной модуль (контроллер)**

Обеспечивает получение информации (по запросам), необходимой для работы алгоритма от всех МТУ и измерительного контроллера.

Основная функция - на основе полученных данных в соответствии с алгоритмом модуль (контроллер) производит их обработку и вырабатывает решение об изменении или не изменении установленной мощности генерации всех МТУ с целью удерживать мощность, потребляемую системой от сети на определенном уровне и не допускать перетоков мощности от МТУ в сеть.

Также основной модуль ведет запись основных электрических параметров системы, используемых для функционирования программно-аппаратного комплекса.

Программно-аппаратный комплекс:

- обеспечивает автоматическую работу в режиме «следования за нагрузкой» для 1-20 МТУ, подключенных к одной шине параллельно с сетью;
- обеспечивает управление работой МТУ через имеющийся в каждой установке ТА-100 порт RS485;
- в зависимости от локальной нагрузки автоматически производит запуск/останов МТУ, обеспечивая оптимальный расход топлива;
- ведет запись (архив) основных электрических параметров и параметров работы комплекса, обеспечивает просмотр основных текущих параметров работы энергоблока;
- имеет в своем составе сервисное ПО, и возможность для подключения сервисного компьютера для контроля и отладки функционирования управляющего ПО, а также изменения разрешенных параметров.