

УДК 621.438 + 621.311

## ПУСКОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК *ECONOFLEX SIEMENS*

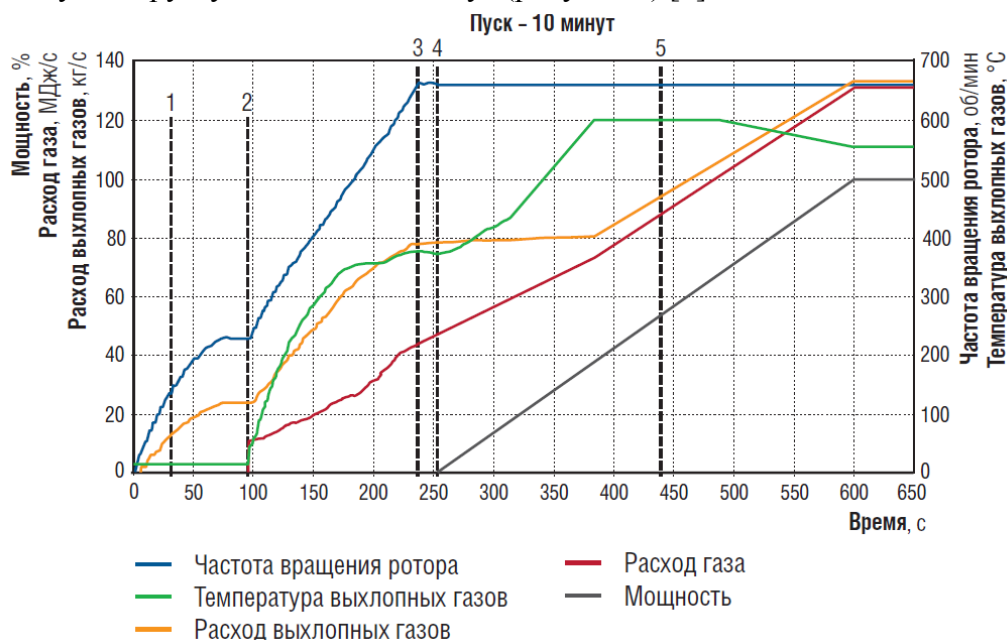
Каранкевич В.В., Таранчук А.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Качан С.А.

В современных условиях работы энергосистемы повышаются требования к маневренным возможностям энергогенерирующего оборудования, работающего на органическом топливе и используемого для обеспечения баланса частоты и мощности. Важные показатели маневренности: быстрый пуск, останов и выход на номинальную мощность, а также эксплуатационная гибкость.

Рассмотрим пусковые характеристики парогазовых установок (ПГУ) *EconoFlex* (от *Economy* – экономичность и *Flexibility* – эксплуатационная гибкость) компании *Siemens*, созданных на базе газотурбинных установок (ГТУ) *SGT-800* [1].

Из состояния холодного резерва *SGT-800* номинальной мощностью 50,5 МВт выходит на номинальную нагрузку в течение 10 минут (рисунок 1) [2].

Рисунок 1. График набора мощности ГТУ *SGT-800* из состояния холодного резерва

В составе электростанций *EconoFlex2* и *EconoFlex6* применяются паровые турбины модельного ряда *SST-400* и *SST-900 Siemens* номинальной мощностью 30-75 МВт и 60-250 МВт соответственно. В состав *EconoFlex2* входят две *SGT-800* и одна *SST-400* (дубль-блок), *EconoFlex6* - шесть *SGT-800* и одна *SST-900* (гекса-блок). Возможны и другие комбинации.

Для ускорения пусковых операций диаметры и толщина стенок используемых емкостей, резервуаров и труб котлов-утилизаторов были уменьшены, благодаря чему снижены напряжения, возникающие на переходных режимах. При циклическом режиме работы ПГУ *EconoFlex*, включая остановки, за счет изолирования как газового, так и пароводяного тракта котла-утилизатора в нем сохраняются давление и температура, необходимые для последующих быстрых пусков. В составе электростанции *EconoFlex* можно использовать котлы как прямоточного, так и барабанного типа двух уровней давления, без промперегрева [2].

Для быстрого пуска энергоблока необходимо, чтобы при остановленном основном оборудовании все вспомогательные системы находились в рабочем режиме:

- электротехнические системы запитаны;
- системы управления и системы защиты включены;

- системы подачи воды заполнены и подготовлены к работе;
- котлы-утилизаторы и общая система питательной воды подготовлены к запуску;
- внешние системы подачи газа находятся под давлением;
- системы охлаждения в рабочем режиме;
- системы продувки в рабочем состоянии.

Все топливные системы разработаны и автоматически управляются таким образом, что устраняется любой риск утечек газа.

Время пуска энергоблока рассчитывается с момента подачи команды на пуск ГТУ и до открытия главного клапана паровой турбины для входа пара.

Процесс пуска энергоблоков зависит от состояния, в котором они находятся:

1. Холодный пуск. Энергоблок долгое время находился в нерабочем состоянии при температуре окружающего воздуха.

2. Теплый пуск. Оборудование работало в циклическом режиме с продолжительными остановками, например, в выходные дни. Время таких остановок при этом не должно превышать 64 часов.

3. Горячий пуск. Оборудование работало в суточном циклическом режиме. Время остановок не должно превышать 8 часов.

Исходные условия определяют температуру и давление в котле-утилизаторе, паротурбинной установке и вспомогательном оборудовании. После останова энергоблока давление и температура в системах постепенно снижаются.

После получения команды на пуск ГТУ разворачивается до частоты вращения, необходимой для розжига горелок. После включения горелок в работу частота вращения повышается до уровня режима холостого хода и тогда осуществляется синхронизация с внешней сетью. Начинается набор нагрузки ГТУ до заданной величины.

Процесс пуска энергоблока представлен на рисунке 2 [2].

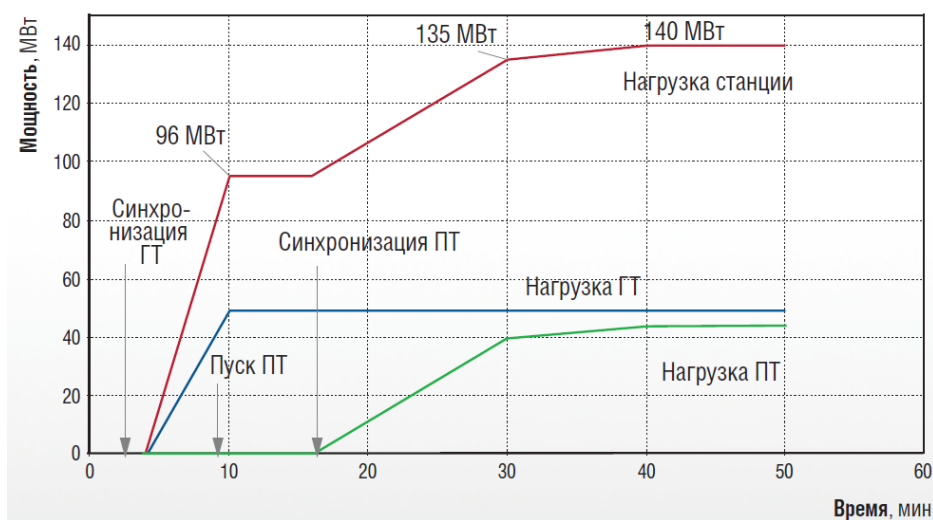


Рисунок 2. Процесс пуска *EconoFlex2* из горячего состояния

После начала работы ГТУ горячие выхлопные газы подаются в котел-утилизатор, где их тепловая энергия утилизируется в пароводяном цикле. После установления необходимого уровня температуры и давления пара, он подается на паровую турбину. Время пуска котла-утилизатора зависит от его исходного состояния: холодное, неостывшее или горячее.

Выработанный пар используется для прогрева линий подачи пара и других компонентов пароводяной системы. Избыточный пар при этом отводится в конденсатор, после обеспечения требуемых параметров он направляется на паровую турбину (ПТ). Время, необходимое для выхода энергоблока на номинальную мощность и синхронизации с сетью, определяется температурой пара и паровой турбины.

Процесс пуска считается законченным после открытия главного клапана подачи пара на ПТ. При этом мощность турбины несколько ниже номинальной, поскольку пар не является еще достаточно перегретым.

Энергоблоки в составе электростанции могут пускаться параллельно или последовательно. При одновременном пуске полная мощность газотурбинных установок достигается в течение 10 минут.

Время, необходимое для выхода станции на номинальную мощность, зависит от длительности простоя оборудования. Из холодного состояния для дубль- и гекса-блоков оно составляет 110 мин, из горячего (8 ч) – 30 мин. Из неостывшего состояния (64 ч) установка *EconoFlex2* выходит на полную мощность в течение 110 мин, *EconoFlex6* – 65 мин [2].

Концепция, применяемая для электростанций *EconoFlex*, значительно сокращает время пуска по сравнению с другими установками.

Время пуска ПТ определяется температурой и давлением в ее проточной части: чем выше исходная температура, тем короче время пуска. Подачей тепла от внешнего источника на прогрев ПТ в период простоя можно поддерживать высокую температуру в турбине, что существенно сократит время пуска ПГУ.

Сократить время пуска ПГУ после длительного простоя можно, оснастив ПТ электрическим подогревателем, установленным под теплоизолирующим кожухом, в комбинации с паровым затвором. Подогрев будет активирован при снижении температуры ниже установленного уровня. Если время простоя известно заранее, то подогрев можно не использовать.

Уплотняющий пар необходим для поддержания вакуума в конденсаторе. В процессе пуска он может быть обеспечен малым электрическим подогревателем. В этом случае время для достижения номинальной мощности ПГУ при пуске из холодного, неостывшего и горячего состояния составит для обеих электростанций, соответственно, 50; 45 и 30 мин [2].

Многоагрегатное исполнение электростанции (дубль- и полиблоки) позволяет поддерживать высокие температуры оборудования в горячем состоянии в период простоя, так как один из энергоблоков может работать с минимальной нагрузкой, вырабатывая пар для прогрева оборудования других ПГУ.

В заключение отметим, что возможен пуск электростанции без использования электроэнергии из сети при ее оснащении резервным дизель-генератором мощностью, достаточной для пуска одной ГТУ, которая, в свою очередь, обеспечит запуск остальных энергоблоков.

#### Литература

1. Бьеркманн, М. Обновлённая версия SGT-800: мощность 50 МВт / Матс Бьеркманн // Турбины и Дизели, март – апрель 2013. – С. 4 – 9.
2. Нильссон, Л.-И. Парогазовая установка *EconoFlex* на базе ГТУ SGT-800 компании Siemens / Ларс-Ингвар Нильссон, Маркус Йокер, Матс Бьеркман // Турбины и Дизели, январь - февраль 2015. С. 34 – 39.