

УДК 621.313.322

**СИНХРОНИЗАЦИЯ ГЕНЕРАТОРОВ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ.
ПОЛУЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ 50 ГЦ В СЕТИ
SYNCHRONIZATION OF GENERATORS AT POWER PLANTS.
OBTAINING AN INDUSTRIAL FREQUENCY
OF 50 HZ IN THE NETWORK**

Н.А. Драчёв

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель
Белорусский национальный технический Университет, г. Минск

N. Drachov

Supervisor – G. Mikhaltsevich, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: Тема данного исследования – синхронизация электрогенераторов на электростанциях. В работе представлен обзор существующих методов и технологий синхронизации, анализ преимуществ и недостатков каждого подхода. Особое внимание уделено вопросам безопасности и эффективности процесса синхронизации. Исследование также содержит рекомендации по использованию оптимальной схемы синхронизации, основанные на анализе экономической целесообразности и надежности системы.

Abstract: The purpose of this study is to synchronize electric generators at a power plant. The article presents an overview of existing synchronization methods and technologies, an analysis of the advantages and disadvantages of each approach. Particular attention is paid to the safety and efficiency of the synchronization process. The study also contains recommendations on the use of an optimal synchronization scheme based on an analysis of the economic feasibility and reliability of the system.

Ключевые слова: синхронизация, синхронные генераторы, безопасность, эффективность, надёжность.

Key words: synchronization, synchronous generators, safety, efficiency, reliability.

Введение

Синхронизация электрогенераторов – это процесс выравнивания частоты, напряжения и фазы между генераторами и сетью, что позволяет им работать в едином режиме и подавать нужное электричество в сеть. Для большинства сетей электрогенераторы должны синхронизироваться таким образом, чтобы частота генерируемого электричества соответствовала стандартной частоте сети, обычно 50 Гц. Этот процесс обеспечивает надежное и устойчивое энергоснабжение и предотвращает перегрузку системы. Перед включением генератора на параллельную работу необходимо выполнить ряд операций, которые могут быть проведены вручную, полуавтоматически и автоматически.

Основная часть

Синхронизация генераторов.

Синхронизация на электростанциях является важной процедурой, которая позволяет подключать генераторы для совместной работы – установить

согласование с работающими генераторами, выбор момента для подачи импульса на включение генератора.

Для начала процесса синхронизации, генератор должен находиться в работоспособном состоянии. Это включает в себя проверку правильности настроек, охлаждающей жидкости и других необходимых параметров. После чего он синхронизируется по напряжению с существующей сетью. Это достигается путем регулировки выходного напряжения генератора, чтобы оно было практически равным напряжению сети. Подгоняется такая же частота, как и у рабочей электрической сети, чтобы не возникали проблемы при передаче энергии. Таким образом, генератор регулируется до тех пор, пока его частота не станет практически равной частоте сети. Дальнейшим действием проверяется фаза и согласуется их работа. Фаза генератора должна быть такой же, как и фаза сети, чтобы избежать перегрузки сети или других проблем. После завершения синхронизации необходимо проверить параметры работы, чтобы убедиться, что генератор полностью синхронизирован с сетью и готов передавать энергию. Это включает проверку фазовой последовательности (генераторы должны иметь одинаковую фазовую последовательность), получение частоты близкой или равной частоте в сети, к которой они будут подключены; напряжение генераторов согласовано с напряжением электросети; значение фазового угла между генераторами близкая нулю. Разность междуфазных напряжений на генераторах должна быть минимальной. Последним параметром проверки является амплитуда напряжения генераторов.

В конечном итоге, когда все параметры проверены, генератор может быть подключен к электрической сети с помощью соответствующих коммутационных устройств. Это позволяет обеспечить передачу электричества от генератора в сеть и обеспечивает его работу в согласованности с уже существующими источниками энергии.

Виды синхронизации и допустимое отклонение между генератором и сетью.

Различные методы синхронизации генератора с сетью имеют свои преимущества и недостатки, а допустимое отклонение напряжения зависит от выбранного метода. Вот общие преимущества и недостатки различных методов синхронизации относительно допустимого отклонения напряжения:

– Точная синхронизация

Преимущества: Обеспечивает точное совпадение фаз и частоты между генератором и сетью, минимизируя токи переходных процессов и позволяет генератору сразу подключить к нагрузке.

Недостатки: Требуется специализированных систем синхронизации, более сложной настройки и оборудования, что может повысить стоимость и сложность эксплуатации.

Допустимое отклонение: Обычно отклонение всех параметров небольшое, в пределах от 0,1 до 0,9%

– Грубая синхронизация

Преимущества: Более простой и недорогой метод, требует меньше специализированного оборудования и настройки.

Недостатки: Отклонение фазы и частоты между генератором и сетью может быть значительным, что приводит к большим потерям мощности. Допустимое отклонение: Обычно может составлять до 5% или более в зависимости от требований и стандартов.

– Самостоятельная синхронизация

Преимущества: Позволяет оператору полностью контролировать процесс синхронизации, что может быть полезно в некоторых ситуациях, особенно при отсутствии автоматических устройств синхронизации.

Недостатки: Контроль и настройка требуют опыта и внимательности оператора, и ошибки могут привести к нежелательным последствиям.

Допустимое отклонение: Обычно определяется требованиями и стандартами, но обычно составляет около 1-3% от номинального значения напряжения генератора.

– Автоматическая синхронизация

Преимущества: Обеспечивает автоматическое обнаружение и коррекцию отклонений фазы и частоты, что упрощает процесс и снижает вероятность ошибок оператора.

Недостатки: Требуется установки специализированных автоматических устройств синхронизации, что может увеличить стоимость начальной установки.

Допустимое отклонение: Обычно около 1-3% от номинального значения напряжения генератора.

Важно отметить, что допустимое отклонение напряжения может быть регулируемым и может варьироваться в зависимости от требований и стандартов, установленных для конкретного объекта или системы. Повышенное отклонение может быть допустимым в некритических ситуациях, но часто для обеспечения надежной и безопасной работы системы рекомендуется минимизировать потери.

Параллельное подключение генераторов.

На электростанциях синхронные генераторы соединяются друг с другом параллельно для общей работы на общую электрическую сеть. Когда нагрузка на электрическую сеть мала, работает только основные генераторы, при повышенном энергопотреблении («час пик») включаются резервные генераторы. Этот способ выгоден, так как каждый генератор работает на полную мощность, следовательно, с наиболее высоким коэффициентом полезного действия.

Параллельная работа генераторов:

- Повышает гибкость эксплуатации оборудования электростанций и подстанций, облегчает проведение планово-предупредительных ремонтов генераторов, основного оборудования и соответствующих регулирующих устройств (РУ) при минимуме необходимого резерва.
- Повышает экономичность работы электростанции, она даёт возможность распределять наиболее рационально суточный график нагрузки между агрегатами, достигается наилучшее использование мощности, при этом повышается КПД.

- Повышает надежность и бесперебойность работы электростанций и электроснабжения потребителей.

Для увеличения производства электроэнергии и улучшения распределения многие электростанции соединяются для параллельной работы в мощные энергетические системы.

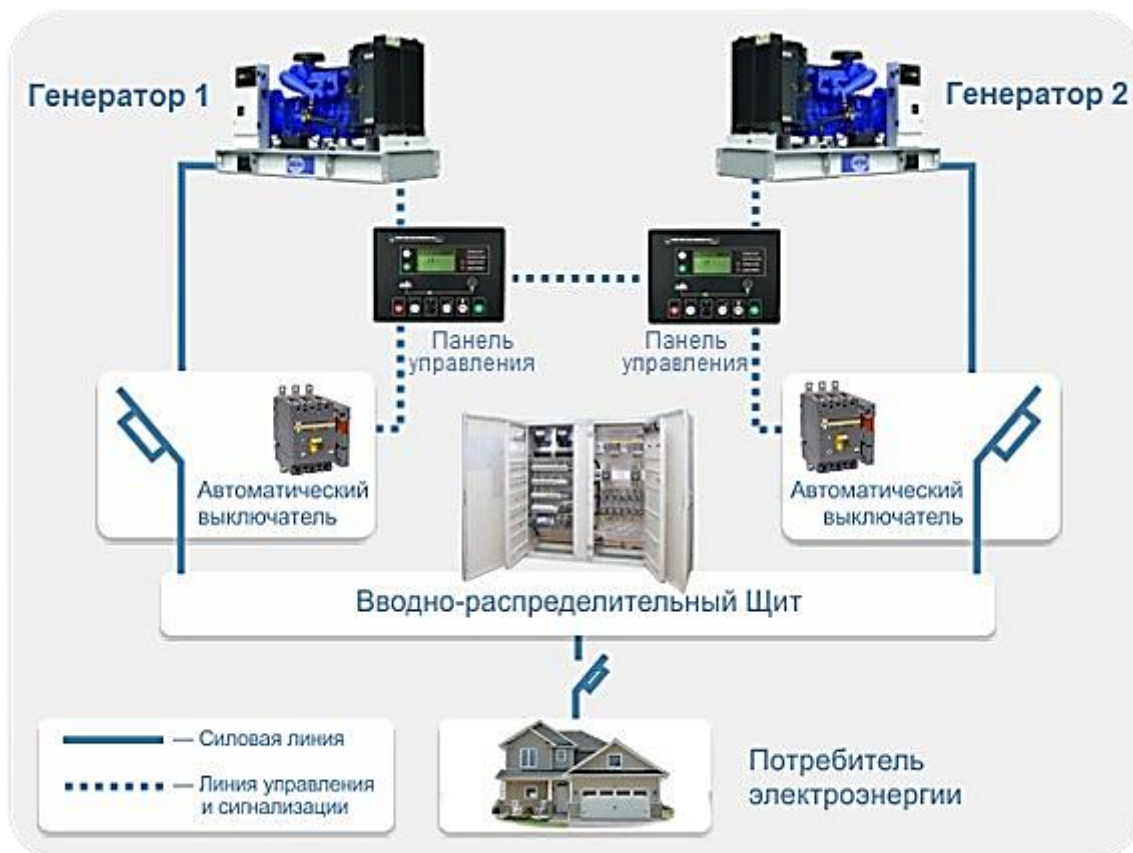


Рисунок 4 – Структурная схема параллельного подключения 2-ух генераторов

Получение промышленной частоты 50 Гц.

На электростанциях частота переменного тока обычно генерируется с использованием вращающихся генераторов, основанных на принципах электромагнитной индукции. В большинстве стран мира стандартная частота электрического тока в энергосистеме составляет 50 Гц, (в некоторых странах используется 60 Гц).

Процесс создания 50 Гц переменного тока на электростанции включает в себя следующие шаги:

- Механическое вращение генератора: В основе этого процесса лежит вращение механического устройства, называемого турбиной, которое может быть запущено различными источниками энергии. Это может быть пар, вода, ветер, или горючие смеси.
- Электромагнитная индукция: Вращение турбины вызывает вращение электромагнитного ротора внутри генератора. Этот ротор находится в магнитном поле, созданном статором.
- Индукция электрического тока: По принципу электромагнитной индукции, изменение магнитного поля в результате вращения ротора порождает переменное электрическое напряжение в обмотках ротора.

- Выход переменного тока: Этот переменный ток, созданный вращением ротора в магнитном поле, имеет форму синусоидального тока. Частота этого тока зависит от скорости вращения ротора и конструктивных особенностей генератора.
- Регулирование частоты: Системы регулирования на электростанции могут использоваться для поддержания стабильной частоты переменного тока на уровне 50 Гц.

Такой метод генерации переменного тока является основным для большинства электростанций и обеспечивает стабильный и надежный источник электроэнергии для энергосистем.

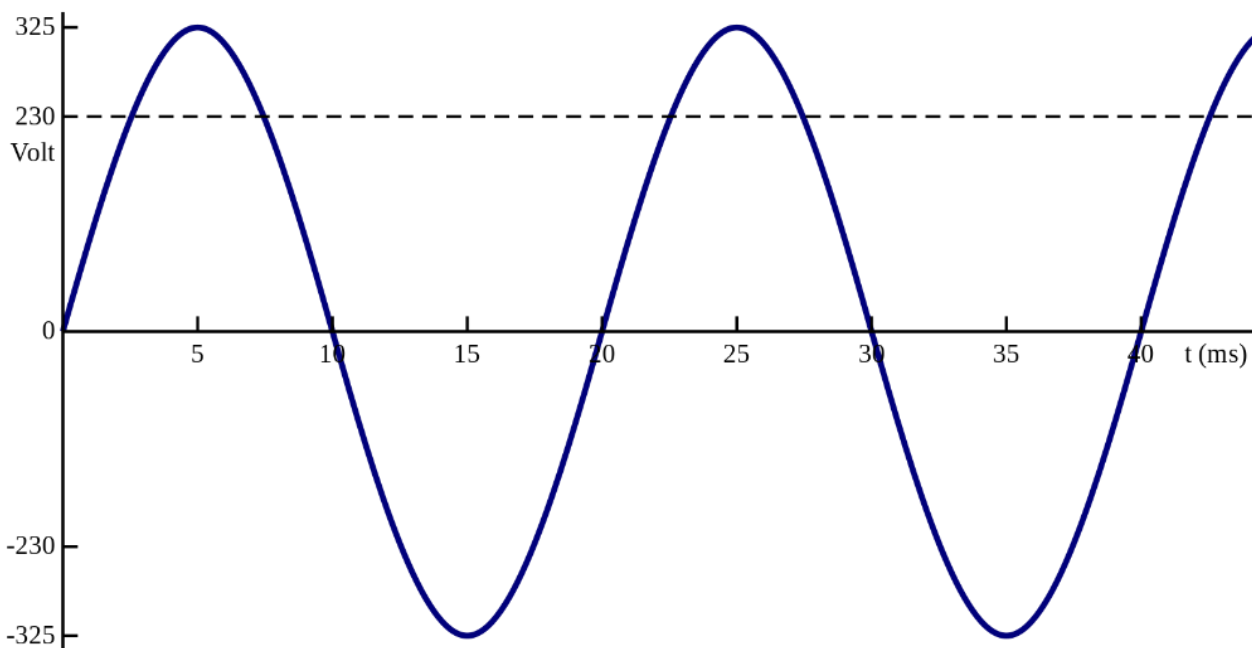


Рисунок 2 – График зависимости напряжения электрической сети 230 В, 50 Гц от времени

Заключение

В результате проведенных исследований и обсуждённых аспектов, можно сделать вывод о важности синхронизации генераторов на электростанциях. Синхронизация является ключевым этапом в обеспечении надежной и безопасной работы электростанции.

Корректная синхронизация двигателей позволяет достичь согласованной работы нескольких генераторов, гарантируя постоянные фазовые углы и частоты. Это обеспечивает стабильность электроэнергии, которая может быть подана в энергосистему.

Основными этапами синхронизации являются механическая согласованность скоростей, фазовая согласованность электрических сигналов, согласование напряжения и завершение процесса синхронизации. Каждый из этих этапов является важным для успешной синхронизации и требует применения специальных устройств и систем контроля.

Неправильная синхронизация может привести к небезопасной работе электростанции, повреждению оборудования и нарушению электроснабжения. Поэтому важно уделять особое внимание процессу синхронизации и

использовать современные системы управления и контроля, чтобы обеспечить его успешное выполнение.

Получение стабильной частоты 50 Гц является одним из основных задач на электростанциях. Этот стандартный частотный параметр используется в большинстве современных энергосистем и обеспечивает согласованный перенос электроэнергии по всему сетевому оборудованию.

Для достижения этой цели на электростанциях используются различные технологии и системы контроля. Управление частотой осуществляется с помощью автоматических регуляторов частоты, которые обеспечивают стабильность и точность вращения генераторов.

Литература

1. Павлов, Г.М. Автоматика энергосистем / Г.М. Павлов, Г.В. Меркурьев // Издание Центра подготовки кадров РАО "ЕЭС России". - Санкт-Петербург, 2001. - С. 68-70.
2. Параллельная работа генераторов [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://electricalschool.info/>. – Дата доступа: 02.10.2023.