**Анализ методов измерения активной и реактивной мощности в линиях электропередач**

Карелин Артем Евгеньевич

Поддубняк Анастасия Михайловна

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал Донского государственного технического университета)

**Аннотация:** В статье произведен анализ основных методов измерения активной и реактивной мощности в линиях электропередач таких как: определение активной и реактивной мощности по мгновенным значениям напряжения и тока; определение активной и реактивной мощности, на основе усреднения результатов за период; измерение активной мощности по методу задержек; измерение активной мощности, на основе применения спектрального анализа тока и напряжения.

**Ключевые слова:** Измерения, мощность, электрические сети.

Разработка технологий генерации электрической энергии и их применение предусматривает повышенные требования к контролю параметров электрической сети. Одним из основных факторов устойчивости работы энергетической системы состоит в том, чтобы сбалансировать потребляемую и генерируемой мощности.

Потребление реактивной мощности (и энергии) домашних потребителей постоянно растет (лампы накаливания заменяются осветительными приборами с использованием LC цепей, широко используются компьютеры и микроволновые печи, мощность потребителей увеличивается с использованием электродвигателей: инструменты, стиральные машины, холодильники).

Для измерения мощности в электрических сетях применяются следующие методы:

- определение активной и реактивной мощности по мгновенным значениям напряжения и тока;

- определение активной и реактивной мощности, на основе усреднения результатов за период;

- измерение активной мощности по методу задержек;

- измерение активной мощности, на основе применения спектрального анализа тока и напряжения;

Метод определения активной и реактивной мощности по мгновенным значениям напряжения и тока.

Данный метод включает в себя измерение мгновенных значений тока и напряжения в электрической цепи, выполненные с временным интервалом, соответствующим углу фазового сдвига. Затем производится вычисление составляющих мощности по результатам измерений, при этом выполняют два измерения мгновенных значений тока и напряжения с временным интервалом, соответствующим углу фазового сдвига 90°, в каждом из измерений значения тока и напряжения измеряют одновременно, а составляющие мощности вычисляют по следующим выражениям [1]:

 (1)

 (2)

Где *P –* активная мощность, Вт; *Q* – реактивная мощность, вар; *U1, U2* – мгновенные значения напряжения, В; *I1, I2* – мгновенные значения тока, А.

Достоинства метода:

- высокое быстродействие, время измерения составляет ¼ периода входного сигнала;

- высокая точность измерений

Недостатки метода:

- наличие погрешности при девиациях частоты сетевого напряжения в пределах допустимых значений и априорно-неизвестной величины интервала интегрирования.

Метод определения активной и реактивной мощности, на основе усреднения результатов за период.

Этот метод заключается в том, что измеренные мгновенные значения напряжения и тока, перемножают и усредняют результаты перемножения за период. Затем перемноженные результаты разделяются по знаку и усредняются отдельно [2].

Достоинства метода:

- простота реализации;

- дешевизна.

Недостатки метода:

- Низкая точность;

- Низкое быстродействие.

Измерение активной мощности по методу задержек.

Этот метод характеризуется одновременным формированием интегралов от произведения тока и напряжения и от произведения задержанных на фиксированный временной интервал сигналов тока и напряжения в нагрузке. Результат измерения определяется из равных значений накопленных интегралов в четные моменты равенства значений результатов интегрирования. Реализация данного метода позволяет строить активные измерители мощности, которые позволяют измерять активную мощность с погрешностью порядка 0,01 %.

В этом методе интегрирование произведения напряжения и тока осуществляется согласно формуле:

 (3)

где *Um* - амплитуда напряжения на нагрузке; *Im* - амплитуда тока протекающего через нагрузку; *Tu* - длительность временного интервала, на котором осуществляется усреднение (время интегрирования); ω - частота изменения напряжения; φ - фазовый сдвиг между током и напряжением; *t0* - момент начала интегрирования, который по умолчанию обычно принимается равным нулю.

Кроме того, дополнительно параллельно во времени осуществляется интегрирование задержанных на фиксированный интервал времени *t3* сигналов напряжения и тока на нагрузке

 (4)

На рисунке 1 приведены графики изменения функций *Р1(Тu)* и *P2(Tu,t3)* в зависимости от текущего времени интегрирования при *t3*=4 мс.



Рисунок 1 – Графики изменения функций *Р1(Тu)* и *P2(Tu,t3)*

Метод может быть реализован либо как аппаратное обеспечение в аналоговой форме, либо с помощью программного обеспечения виртуальных устройств на персональном компьютере [3].

Достоинства метода:

- высокая точность измерений;

- расширенные функциональные возможности;

Недостатки метода:

- при малом времени задержки сигналов, требуется повышать квантование по уровню сигнала, что накладывает дополнительные требования на оборудование.

Метод измерения активной мощности, на основе применения спектрального анализа тока и напряжения.

В данном методе процесс измерения активной мощности производится по следующим этапам:

1) Получение заданного числа выборок тока и напряжения с исходной частотой дискретизации;

2) Измерение частоты входного сигнала по выборкам напряжения, полученным на этапе 1;

3) Определение оптимального значения частоты дискретизации, удовлетворяющего условию кратности с частотой входного сигнала по формуле:

 (5)

где *fs, new* - оптимальное значение частоты дискретизации; *f* - частота входного сигнала.

4) Переопределение отчетов тока и напряжения для полученной на этапе 3 частоты дискретизации;

5) Выполнение дискретного преобразования Фурье полученных на этапе 4 сигналов тока и напряжения;

6) Вычисление значения активной мощности согласно формуле [4]:

 (6)

где *M* – число гармоник входного сигнала; *Uk* – действующее значение *k*-ой гармоники напряжения; *Ik* - действующее значение k-ой гармоники тока; *φk* – фазовый сдвиг между *k*-ми гармониками тока и напряжения.

Достоинства метода:

- простота реализации;

- высокое быстродействие;

Недостатки метода:

- невысокая точность относительно метода задержек;

- зависимость от неосновных гармоник и шумов входного сигнала;

- высокая стоимость оборудования.

На основании проведенного анализа методов измерения активной и реактивной мощности можно сделать вывод, что наиболее лучшим методом является метод задержек. В этом методе сочетаются высокая точность и быстродействие при сравнительно не дорогой стоимости оборудования, что позволяет измерять мощность с погрешностями порядка 0,01 %.

**Список использованных источников:**

1. Мелентьев В.С., Шутов В.С., Баскаков В.С. Способ измерения активной и реактивной составляющих мощности в цепях переменного тока с установившимся синусоидальным режимом // Патент РФ № RU2039358

2. Безикович А.Я., Шапиро Е.З. Измерение электрической мощности в звуковом диапазоне частот.- М. :Энергия, 1980. - 168 с.

3. Михотин В.Д., Чернецов В.И. Способ измерения активной мощности нагрузки в электрических цепях переменного тока // Патент РФ №2229723

4. Сергиенко, А.Б., Цифровая обработка сигналов / А.Б. Сергиенко. – СПб. : Питер, 2007. – 103 с.

5. Липкин, Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. Учебник для СУЗов/ Б.Ю. Липкин. - М. : Высшая школа, 2012. – 230 с.