

Устройство электронных счётчиков электроэнергии



За последнее время на смену индукционным счётчикам электроэнергии пришли электронные. В данных счётчиках счётный механизм приводится во вращение не с помощью катушек напряжения и тока, а с помощью специализированной электроники. Кроме того, средством счёта и отображения показаний может являться микроконтроллер и цифровой дисплей соответственно. Всё это позволило сократить габаритные размеры приборов, а также, снизить их стоимость.

В состав практически любого электронного счётчика входит одна или несколько специализированных вычислительных микросхем, выполняющие основные функции по преобразованию и измерению. На вход такой микросхемы поступает информация о напряжении и силе тока с соответствующих датчиков в аналоговом виде. Внутри микросхемы данная информация оцифровывается и преобразуется определённым образом. В результате, на выходе микросхемы формируются импульсные сигналы, частота которых пропорциональна текущей потребляемой мощности нагрузки, подключенной к счётчику. Импульсы поступают на счётный механизм, который представляет собой электромагнит, согласованный с зубчатыми передачами на колёсики с цифрами. В случае с более дорогостоящими счётчиками с цифровым дисплеем применяется дополнительный

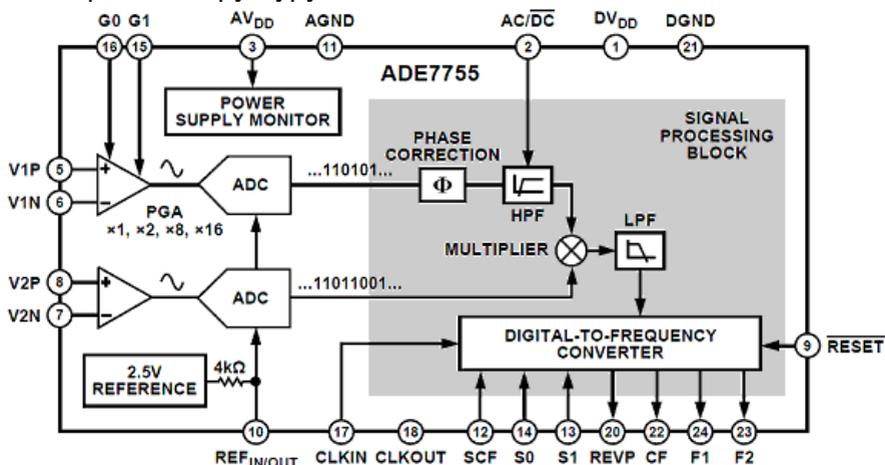
микроконтроллер. Он подключается к вышесказанной микросхеме и к цифровому дисплею по определённому интерфейсу, ведёт накопление результата измерения электроэнергии в энергонезависимую память, а также, обеспечивает дополнительные функции прибора.

Ниже на рисунке в разобранном виде изображён один из наиболее дешёвых и популярных однофазных счётчиков «HEBA 103». Как видно из рисунка, устройство счётчика довольно простое. Основная плата состоит из специализированной микросхемы, её обвески и узла стабилизатора питания на основе балластного конденсатора. На дополнительной плате размещён светодиод, индицирующий потребляемую нагрузку.



В данном случае – 3200 импульсов на 1кВт·ч. Также есть возможность снимать импульсы с зелёного клеммника, расположенного вверху счётчика. Счётный механизм состоит из семи колёсиков с цифрами, редуктора и электромагнита. На нём отображается посчитанная электроэнергия с точностью до десятых долей кВт·ч. Редуктор имеет передаточное отношение 200:1, это означает «200 импульсов на 1 кВт·ч». То есть, 200 импульсов, поданных на электромагнит, поспособствуют прокрутке последнего красного колёсика на 1 полный оборот. Это соотношение кратно соотношению для светодиодного индикатора, что весьма не случайно. Редуктор с электромагнитом размещён в металлической коробке под двумя экранами, с целью защиты от вмешательства внешним магнитным полем.

В данной модели счётчика применяется микросхема ADE7755. Рассмотрим её структуру.



Слева сверху показано устройство контроля питания.

Справа серым цветом показан блок обработки сигналов.

Слева треугольниками показаны операционные усилители имеющие прямые «+» и инверсные «-» входы. На вход верхнего усилителя через пины 5 и 6 поступает аналоговый сигнал пропорциональный силе тока. Коэффициент усиления этого усилителя $\times 1$, $\times 2$, $\times 8$, $\times 16$ устанавливается через пины 15 и 16. С выхода усилителя сигнал тока поступает на аналогово-цифровой преобразователь *ADC* и далее через фазовый корректор Φ и фильтр нижних частот *HPF* на умножитель.

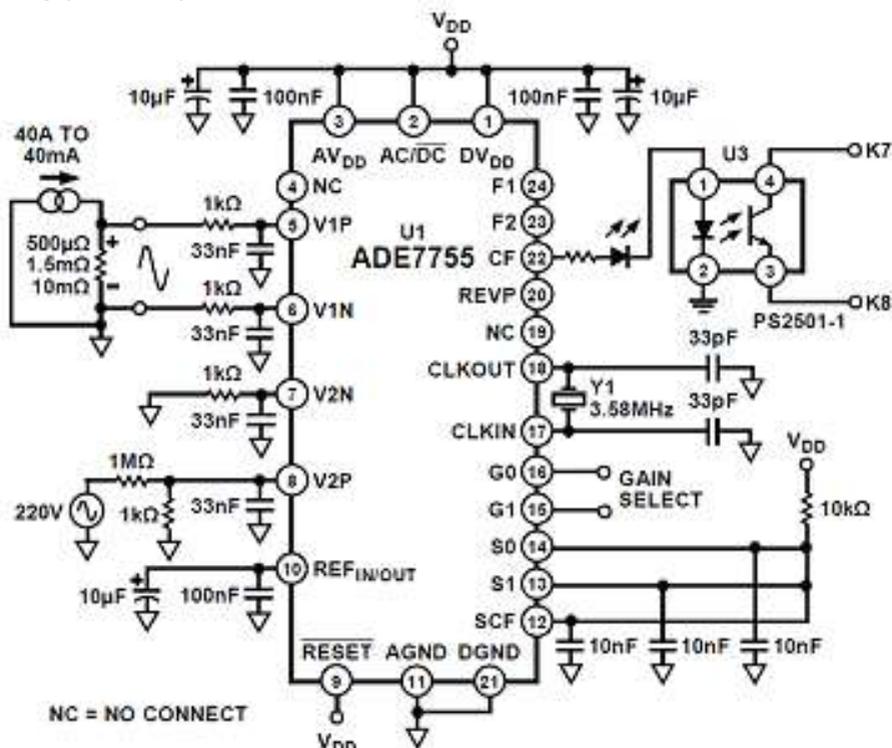
На пины 8 и 7 поступает аналоговый сигнал, пропорциональный напряжению в сети. Сигнал усиливается операционным усилителем, преобразуются в цифровой код, и поступает на умножитель.

Для поддержки работы аналого-цифровых преобразователей используется вспомогательное напряжение 2,5 В (внизу слева).

Умножитель перемножает сигналы тока и напряжения, в результате чего, на его выходе получается информация о текущей потребляемой мощности. Через фильтр верхних частот *LPF* данный сигнал поступает на преобразователь цифрового кода в частоту, который формирует готовые импульсы на счётное устройство (пины 23 и 24) и на контрольный светодиод и счётный выход (пин 22). Через пин 17 подаётся тактовая частота, а через

пины 12, 13 и 14 конфигурируются частотные множители и режимы вышеперечисленных импульсов.

Стандартная схема обвески практически представляет собой схему рассматриваемого счётчика.



Вверху плюс питания V_{DD} подключен к пинам 1, 2, 3. Конденсаторы ёмкостью 10 мкФ для сглаживания пульсаций питающего напряжения, 100 нФ для защиты от помех. Внизу к пинам 11, 21 подключен минус питания.

В левом верхнем углу расположен измерительный трансформатор тока 40 А / 40 мА, сигнал которого выделяется на измерительном шунте 500 мкОм, 1,5 мОм или 10 мОм и через резисторы сопротивлением 1 кОм поступает на пины 5 и 6. Ниже показан источник сетевого напряжения 220 В, которое через делитель 1 Мом / 1 кОм преобразуется в 220 мВ и поступает на пин 8. Ноль сети соединён с общим минусовым проводом.

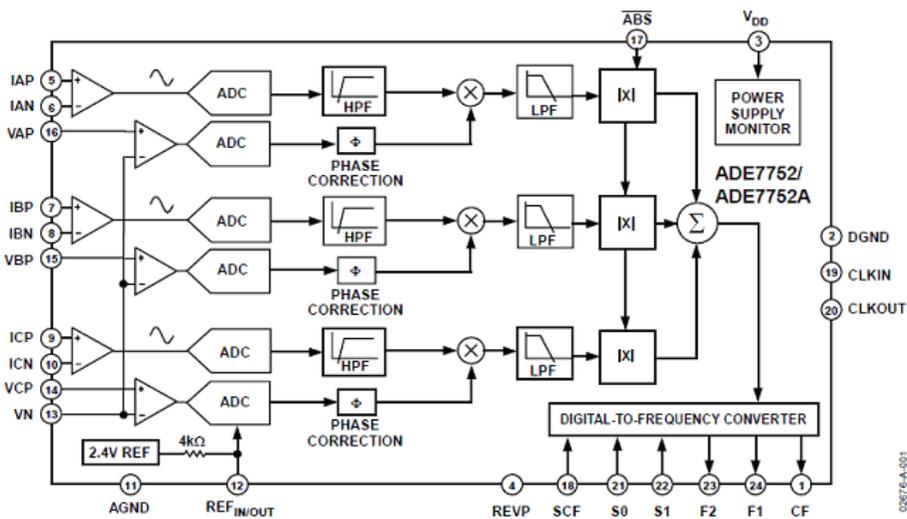
Светодиодный индикатор подключен к пину 22 последовательно с светодиодом оптрона $U3$, к фототранзистору которого подключается клеммник для снятия счётной информации (K7 и K8). Кварцевый резонатор $Y1$ 3,58 МГц, подключенный к пинам 17 и 18 стабилизирует тактовую частоту.

Через пины 15 и 16 осуществляется установка коэффициента усиления операционного усилителя тока, через пин 9 – перезагрузка.

Пины 12,13, 14 через резистор сопротивлением 10 кОм подключены к плюсу питания – это логическая единица.

Конденсаторы 33 пФ, 10 нФ, 33 нФ, 100 нФ служат для защиты от помех.

Из этого же семейства микросхем существуют похожие аналоги для трёхфазных измерений. Они встраиваются в дешёвые трёхфазные счётчики. В качестве примера на рисунке ниже представлена структура одной из таких микросхем, а именно ADE7752.



Вместо двух узлов аналого-цифрового преобразования, здесь применено их 6: по 2 на каждую фазу. Инверсные входы операционных усилителей напряжения объединены вместе и выводятся на пин 13 (ноль). Каждая из трёх фаз подключается к своему прямому входу операционных усилителей (пины 14, 15, 16). Сигналы с токовых шунтов по каждой фазе подключаются по аналогии с предыдущим примером. По каждой из трёх фаз с

помощью трёх умножителей выделяется сигнал, характеризующий текущую мощность. Эти сигналы, кроме фильтров, проходят через дополнительные узлы, которые активируются через пин 17 и служат для включения операции математического модуля. Затем эти три сигнала суммируются, получая, таким образом, суммарную потребляемую мощность по всем фазам. В зависимости от двоичной конфигурации пина 17, сумматор суммирует либо абсолютные значения трёх сигналов, либо их модули. Данный сигнал поступает на преобразователь цифрового кода в частоту.

Существуют и более сложные микросхемы и построенные на их основе счётчики, в том числе и с удаленным контролем данных.