

СЧЕТЧИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ МОДУЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ, НИЗКАЯ СЕБЕСТОИМОСТЬ

М.Павлюк mikhail@milandr.ru, **С.Козлов** kozlov.sergey@milandr.ru,
Ю.Сахно nordfrost55@gmail.com, **В.Малых** malykh.valery@milandr.ru

На российском рынке приборов учета электроэнергии представлено более десяти производителей – как отечественных, так и иностранных. В условиях жесткой конкуренции успешное продвижение на рынке и время жизни нового устройства определяются следующими факторами: высокой надежностью, функциональностью, энергоэффективностью, низкой себестоимостью. Это ставит перед разработчиками сложные задачи, от решения которых зависит будущее прибора. И помочь здесь могут только современные технологии и методы конструирования.

Одна из основных задач при конструировании новых приборов – уменьшение себестоимости при сохранении высокой надежности и функциональности устройства. С одной стороны, надежность и функциональность предъявляют повышенные требования к электрическим параметрам элементной базы, что ведет к удорожанию продукции, а с другой стороны, именно эти показатели участвуют в оптимизации цены прибора, определяемой требованиями рынка. Такие противоречивые требования ограничивают область и увеличивают время поиска лучшего решения. В то же время возможность выбора конструкции, оптимизация компоновки и технологичность сборки, наоборот, расширяют область поиска и помогают решить задачу снижения стоимости конечного изделия.

На себестоимость влияют:

- материалоемкость;
- технологичность;
- логистика.

Эти факторы взаимосвязаны, и рассмотрение одного из них без учета других приведет к нерациональному решению. Надо сказать, что современные

ГОСТы накладывают дополнительные ограничения на конструкцию приборов учета электроэнергии.

Материалоемкость определяется габаритами и массой прибора. Разработка конструкции с плотной компоновкой, исключение избыточных решений (например, оптимальный выбор сечений медных проводников и контактов, толщин стенок корпуса) значительно снижает материалоемкость, а соответственно, и себестоимость. Дополнительное преимущество от уменьшения габаритов и массы связано со снижением расходов на транспортировку комплектующих и самого прибора.

Технологичность – это многогранный фактор. Технология производства приборов учета электроэнергии начинается с изготовления отдельных деталей устройства и заканчивается проверкой, упаковкой готового изделия. Оптимизируя конструкцию, мы улучшаем технологичность каждого этапа производства, что приводит к снижению издержек.

Влияние логистики на себестоимость прибора многими специалистами недооценивается, особенно на этапе разработки конструкции. Увеличение стоимости складских помещений, транспортных расходов приводит к тому,

что в последнее время логистика стала значимым фактором. Если раньше производство располагалось на территории одного предприятия, максимум в одной стране, то сегодня глобализация привела к тому, что производство компонентов приборов разбросано по всему миру и пренебречь транспортными расходами уже нельзя. И здесь для решения логистических задач большое значение имеет унификация комплектующих и применение модульных решений.

Как можно усовершенствовать конструкцию, улучшить дизайн, повысить функциональность, увеличить надежность и одновременно уменьшить стоимость, посмотрим на примере разработки многофункциональных одно- и трехфазных счетчиков электрической энергии семейства "Милур-NNN".

Оптимизация схемы. Задача частично решена использованием СБИС специализированных контроллеров 1986BE21 (трехфазный) и 1986BE23 (однофазный), разработанных компанией ЗАО "ПКК "Миландр" и ориентированных на использование в приборах учета. Это позволило уменьшить количество дискретных элементов за счет высокой интеграции и расширенного функционала контроллеров и снизить энергопотребление (по сравнению с классической схемой счетчиков АЦП+контроллер) за счет использования высокопроизводительного и малопотребляющего ядра Cortex-M0.

Оптимизация конструкции (уменьшение общего количества деталей и упрощение их конструкции) проведена по принципу "каждая деталь должна выполнять максимальное количество функций".

Немного подробнее об элементах конструкции счетчика (рис.1). Держатель шкалы удерживает шкалу, в него вкладывается металлическое кольцо для позиционирования оптоголовки. Одновременно держатель служит фиксатором для толкателей кнопок, выполняет функцию направляющей для светодиодов при сборке и зажимает интерфейсные модули для лучшей их фиксации в разьеме.

Основная функция колодки – надежная фиксация проводов и изоляции между фазами, но одновременно она удерживает клеммную крышку и является опорой и направляющей для базовой платы счетчика и крышки корпуса. Такая конструкция колодки позволила отказаться от дополнительных стоек и направляющих в других деталях.

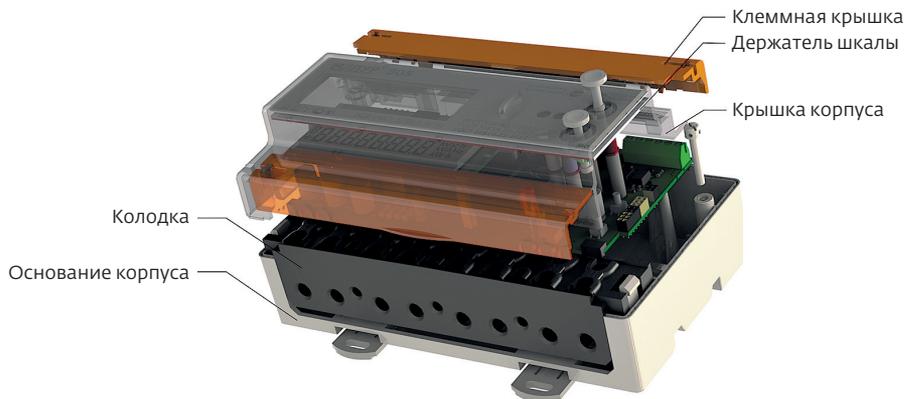


Рис.1. Основные элементы счетчика

Крышка корпуса обеспечивает прижим базовой платы, плат интерфейсов, имеет направляющие для облегчения монтажа плат, фиксирует колодку, позиционирует оптоголовки.

На основании корпуса (опоре) устанавливаются все элементы конструкции, на нем расположены направляющие для базовой платы и мезонинных модулей. Для уменьшения числа деталей на этапе литья в форму закладываются втулки с резьбой. Эти втулки и система защелок позволяют собирать корпус только при помощи двух винтов.

Универсальная клеммная крышка используется как для интерфейсной части счетчика, так и для силовых клемм. Такой подход позволил уменьшить число прессформ.

Благодаря тому, что детали конструкции счетчика выполняют одновременно несколько функций, экономится материал, повышается прочность конструкции, прибор приобретает простоту и современный дизайн, обеспечивая технологичность сборки и эстетичность элементов.

Унификация. Благодаря параллельной разработке одно- и трехфазных счетчиков появилась возможность максимального использования одинаковых деталей. Из 18 типов элементов конструкции

Уровень унификации счетчиков

	"Милур 305"	"Милур 105"
Использование типов/номиналов радиоэлементов	100%	91%
Использование типов элементов конструкции	100%	56%
Использование интерфейсных модулей	100%	100%

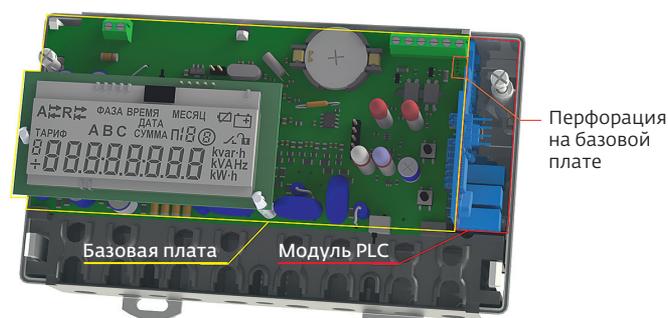


Рис.2. Компоновка счетчиков

трехфазного счетчика (включая фурнитуру) в однофазном используются 10. В результате отпала необходимость производства дополнительных прессформ для пластиковых деталей и штампов для металлических деталей, а также увеличения числа стандартных изделий. Уровень унификации деталей счетчиков приведен в таблице.

Модульность. Стоимость комплектующих и материалов составляет меньше половины стоимости любого электронного изделия. Остальная часть приходится сборку и проверку работоспособности печатного узла и всего устройства, а также логистические расходы.

Модульность конструкции позволяет снизить эти расходы и значительно сократить время (по сравнению с немодульными конструкциями) на подготовку производства, переналадку сборочных линий, проверяющих и поверяющих стандов.

Обычно при наличии некоторого ассортимента изделий, выпускаемых в одном корпусе, разрабатывают универсальную плату. При выполнении монтажа в зависимости от модификации (устанавливаются или не устанавливаются элементы) необходимо учитывать ряд особенностей.

Первая – "человеческий фактор". Невнимательность и большое число вариантных исполнений при наличии одной платы может привести к запуску монтажа не той модификации.

Вторая – увеличенные габариты платы и корпуса (влечет за собой увеличение общей стоимости), так как под неиспользуемый функционал приходится резервировать место.

Третья – неисправности устраняются сложнее и зачастую дороже.

Четвертая – независимо от функциональности платы, рано или поздно наступает момент, когда необходимо разрабатывать дополнительные платы с новым функционалом.

И здесь выход один – модульная компоновка. Например, основа счетчиков – базовая

плата – используется во всех модификациях приборов. В корпусе предусмотрено место для установки модулей (рис.2).

На краю базовой платы находится универсальный разъем для подключения модулей. Для расширения функционала конкретного типа счетчика нужно установить в него необходимый интерфейсный модуль. Контроллер счетчика сам определит тип модуля и начнет работать с ним, т.е. проверка и калибровка счетчика выглядит одинаково для всех модификаций. Кроме того, при неисправности быстрее и экономичнее заменить одну из двух плат, чем менять большую плату, по стоимости сопоставимую с двумя платами модульной конструкции.

Для эффективного использования объема корпуса контуры узлов выполняются по рельефу ограничивающего пространства, что тоже уменьшает материалоемкость и габариты (рис.3). Для размещения всех элементов разработана плата, форма которой повторяет контуры сечения корпуса.

Особенности приборов энергоучета определяются требованиями российских и международных стандартов по обеспечению безопасности приборов.

В частности, одной из основных сложностей при разработке приборов учета является обеспечение изоляции 4 кВ. Для выполнения этого требования и сохранения миниатюрных размеров был разработан импульсный трансформатор малых размеров (используемый в блоке питания) и специальной формы с применением особых изоляционных материалов. Также в соответствии с требованиями универсальности и малых размеров изделия, в базовой плате в определенном месте была сделана

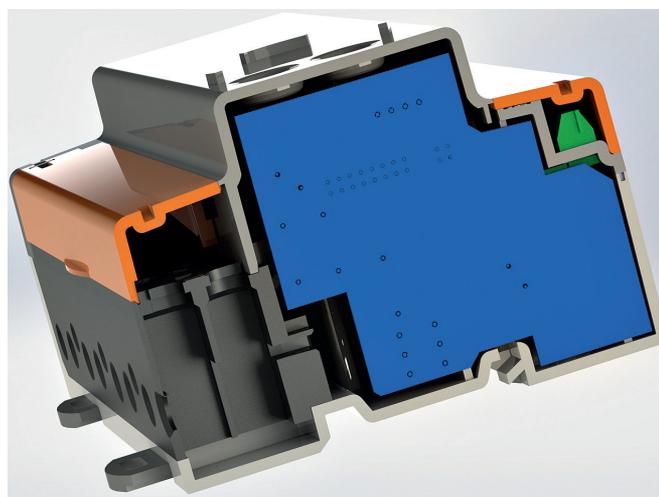


Рис.3. Контур печатной платы PLC-модема

перфорация (см. рис.2). Благодаря этому была удалена часть платы, изоляционные свойства при этом сохранились. Перфорация необходима при установке некоторых модулей, например PLC.

Модульная концепция позволяет оптимизировать не только производство, но и логистику. На складе можно держать небольшой запас уже полностью собранных и проверенных счетчиков, а также некоторый запас модулей. При поступлении заказа на определенную модификацию необходимо только установить нужные модули и провести поверку.

Для сравнения, объемы, занимаемые платами при транспортировке и хранении:

- базовая плата – 265 см³;
- модуль PLC – 63 см³;
- модуль RS-485 – 22 см³;
- модуль ZigBee – 16 см³.

Предположим, планируется поставка 5 тыс. счетчиков, но не известно достоверно, с каким интерфейсом. Для быстрой поставки необходимо держать все это количество на складе. При модульной конструкции это занимает 1,8 м³. При одноплатной конструкции пришлось бы использовать три отдельные платы или три

разных варианта платы, и они занимали бы объем в лучшем случае 4,4 м³. После поставки 5 тыс. нужных счетчиков на складе остаются складские запасы, срок реализации которых неизвестен. Преимущество модульной конструкции проявляется при возникновении ситуации "замороженных" складских запасов. Стоимость изготовления модулей и их хранение обходится дешевле. Кроме этого, их можно использовать как в однофазных, так и в трехфазных счетчиках, т.е. обеспечивается более высокая скорость оборота средств.

Дизайн и эргономика. Если достоинства дизайна достаточно субъективны (у всех вкусы разные), то аспекты эргономики близки всем в равной степени. При этом удобство использования счетчиков нужно всем, как обслуживающему персоналу, так и конечным пользователям.

Отличительные особенности счетчиков "Милур 105" и "Милур 305":

- компактный корпус, соответствующий стандарту DIN 43 880, unit 1 (рис.4, размеры по ширине). Устанавливается в любой щит, в котором имеется 35-мм DIN-рейка. Благодаря малому размеру корпуса счетчиков появляется возможность



Рис.4. Габариты различных счетчиков по ширине

монтировать их в стандартные многорядные электрические щиты. Корпус небольшой высоты не закрывает доступ к DIN-рейкам, расположенным выше или ниже, и на них можно установить другое электрическое оборудование. Это особенно касается однофазных счетчиков, так как дома люди хотят видеть миниатюрные устройства и не платить за воздух. Сравнительные габаритные размеры счетчиков различных изготовителей показаны на рис.5;

- отсутствие пломбирочных винтов на клеммных крышках значительно экономит время при пломбировке на месте эксплуатации. Следует учесть, что перепломбировка может происходить не один раз за время эксплуатации прибора учета электроэнергии;
- возможность быстрой и легкой замены батареи питания для часов реального времени без использования инструментов. Во многих счетчиках после разрядки батареи необходимо снимать прибор учета и нести в специализированную мастерскую, полностью разобрать и поверять. В нашем случае достаточно открыть клеммную крышку интерфейсов, на что имеет право любая обслуживающая организация, заменить батарейку, установить время и поставить пломбу обслуживающей организации;

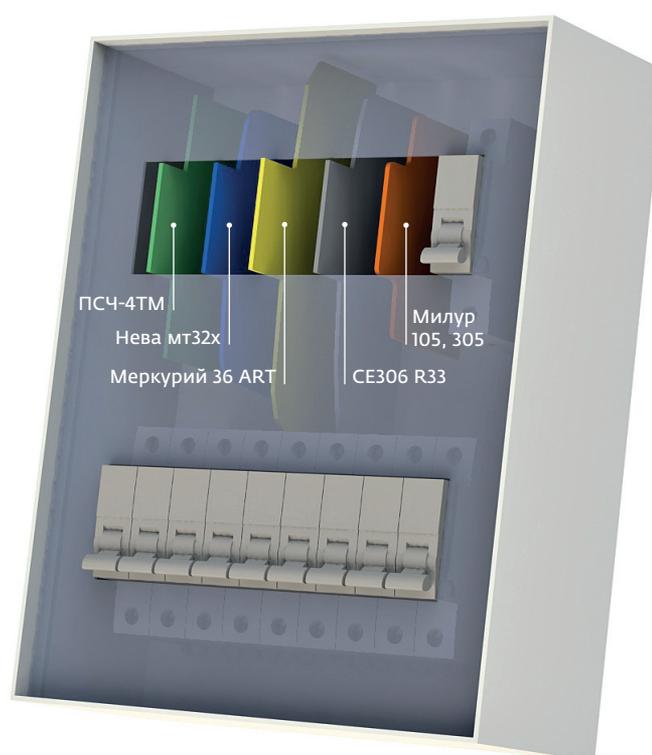


Рис.5. Размеры счетчиков при их установке в стандартные двухрядные электрические щиты

- наличие двух кнопок управления на передней панели позволяет получить легкий и быстрый доступ к нужному пункту меню.

* * *

Среди совокупности факторов, влияющих на конструкцию разрабатываемых приборов учета электроэнергии, нет малозначащих. Для успешной разработки прибора, занятия ниши на рынке и обеспечения достаточного жизненного цикла необходимо при проработке конструктивных решений оптимально учитывать противоречивые требования, выдвигаемые интеллектуализацией прибора, дизайном, эргономикой и эстетикой. И эти задачи решаются на этапе конструктивных проработок с использованием современных средств проектирования – прототипирования, 3D-моделирования и реверсного инжиниринга.

Насыщенный функционал и широкую область применения невозможно получить в одном приборе, поэтому необходима линейка, учитывающая требования рынка. Очень большое значение приобретает возможность тестирования и контроля производства счетчиков, закладываемая на этапе выбора конструктивных решений. ●

