

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ - 012

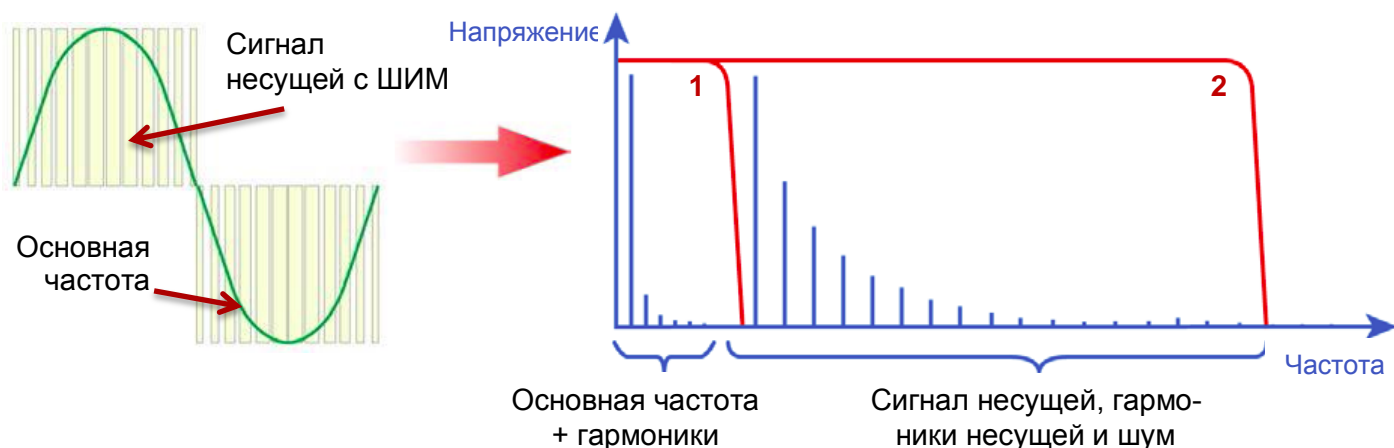
Инновационный дизайн шунтов для повышения точности измерения

ВВЕДЕНИЕ

Стремительное развитие технологий преобразования электроэнергии, а также растущие требования к энергоэффективности электрооборудования, вынуждают разработчиков современных измерительных систем искать и применять новые методы анализа параметров электрической энергии.

Поиск решения ведет к повышению точности измерений мощности, причем современные технологии преобразования электроэнергии значительно усложняют процесс анализа исследуемых величин, требуя от измерительного оборудования высокой точности и производительности в гораздо более широком частотном диапазоне, чем ранее.

Для иллюстрации сказанного, рассмотрим выходной сигнал напряжения ШИМ-инвертора:



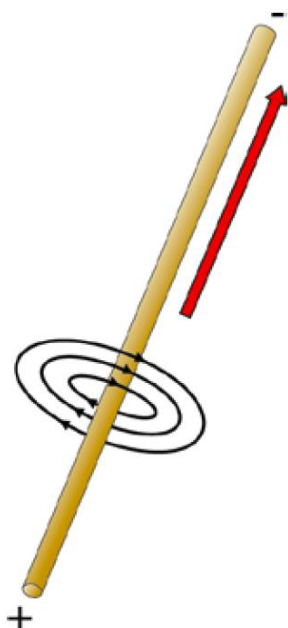
Из рисунка видно, что для точного измерения суммарной мощности, потребуется учесть вклад всех частотных компонент сигнала. Такой подход может показаться вполне обычным, тем более, что многие измерительные приборы обладают соответствующим частотным диапазоном, но в большинстве случаев, высокоточное измерение параметров мощности в таких приборах осуществляется в крайне узком частотном диапазоне. Этот момент демонстрируется на приведенном выше рисунке, где под номером «1» представлена типичная область для высокоточного анализа мощности для большинства измерительных приборов, а область под номером «2» представляет возможности анализатора, обеспечивающего измерение параметров мощности во всем частотном диапазоне.

ДИЗАЙН АППАРАТНОЙ ЧАСТИ АНАЛИЗАТОРА

Одной из основных задач обеспечения высокой точности измерения мощности в широком частотном диапазоне, является аппаратный дизайн (конструкция) входных измерительных трактов напряжения и тока. Частотные характеристики входов по напряжению существенно зависят от паразитной емкости, а частотные характеристики входов по току – от паразитной индуктивности.

Отсюда следует, что для улучшения точности измерения в широком диапазоне частот, необходимо минимизировать емкостное сопротивление для входов по напряжению и индуктивное сопротивление для входов по току.

Как правило, основную трудность при проектировании измерителя АС мощности высокой точности, представляет собой разработка токовых шунтов с очень малой индуктивностью. Для анализаторов мощности это особенно критично, так как сопротивление шунта по току должно быть малым - это необходимо для минимизации величины рассеиваемой мощности и сопротивления (нагрузки) самого измерительного тракта. Но так как величина паразитной индуктивности является функцией геометрии шунта, то при уменьшении сопротивления шунта (некоторой геометрической формы), будет возрастать фазовая ошибка, вследствие увеличения доли индуктивного сопротивления в общем импедансе цепи.



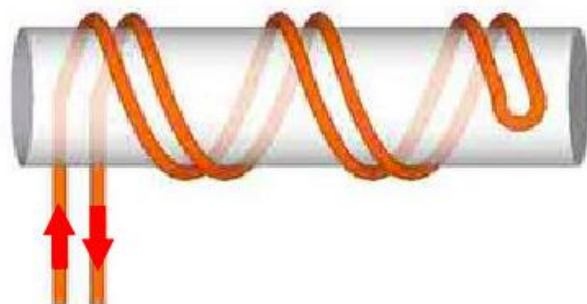
А так как сопротивление индуктивности возрастает с увеличением частоты, то и фазовая ошибка, связанная с паразитной индуктивностью, также будет возрастать с увеличением частоты.

На рисунке представлено широко известное явление, когда вокруг проводника, по которому протекает ток, появляется вращающееся магнитное поле. Наличие такого поля говорит о присутствии индуктивного компонента.

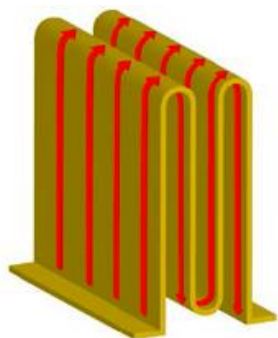
Понимая наличие ошибки измерения амплитуды и фазы параметров мощности, связанной с паразитной индуктивностью резистивных шунтов, разработчики анализаторов мощности используют различные подходы в конструкции шунтов для минимизации магнитного поля и соответствующего сопротивления индуктивности.

ТРАДИЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ

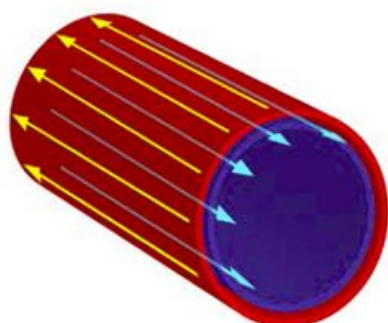
Для уменьшения индуктивного компонента резистивного шунта используются несколько подходов. Их суть сводится к подавлению магнитного поля путем получения одинаковых, но противоположных по направлению токов, проходящих в смежных проводниках. Ниже приведены несколько иллюстраций наиболее распространенных решений:



Осевой (продольный) каркас с параллельно навитым резистивным проводником. Расположение резистивного проводника на каркасе обеспечивает некоторое подавление магнитного поля благодаря противоположным направлениям прямого и обратного тока.



Резистивная фольга, сложенная в форме волны. Также обеспечивает некоторое подавление магнитного поля благодаря встречному направлению тока в смежных «полуволнах». Такое решение имеет преимущество относительно осевой конструкции (см. выше), так как обладает превосходным естественным охлаждением, благодаря увеличенной площади поверхности.

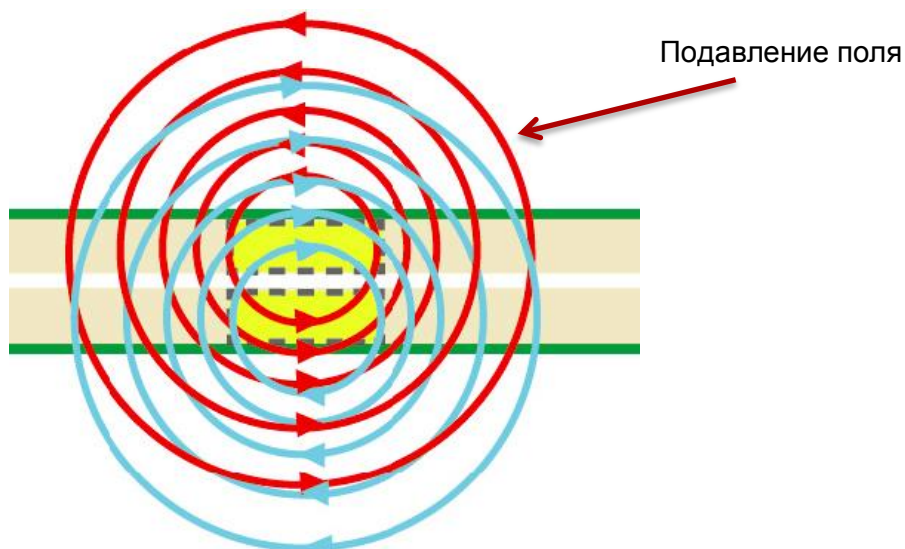


Соосный (коаксиальный) шунт. У такого шунта входное и выходное подключение располагается на одной стороне концентрических трубок. А с другой стороны трубки соединены для организации обратного пути для тока. Такое решение обладает превосходным подавлением магнитного поля, и превосходит по своим параметрам предыдущие конструкции. Однако механическая сложность конструкции делает это решение очень дорогим.

Если посмотреть на входной и выходной ток в этих двух трубках (слоях) с одной из сторон соосного шунта, то можно увидеть, как осуществляется эффективное подавление магнитных вращающихся полей.



Прямой и обратный путь тока во внешней и внутренней трубке



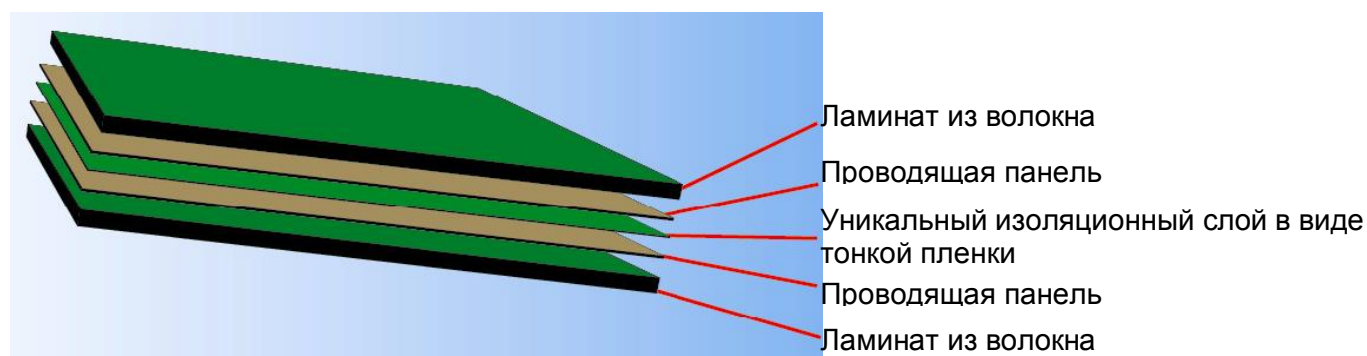
ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ

Несмотря на прекрасное подавление магнитного поля шунтом с соосной конструкцией, физические габариты, механическая сложность устройства и, соответственно, высокая стоимость решения, не позволяют использовать его повсеместно.

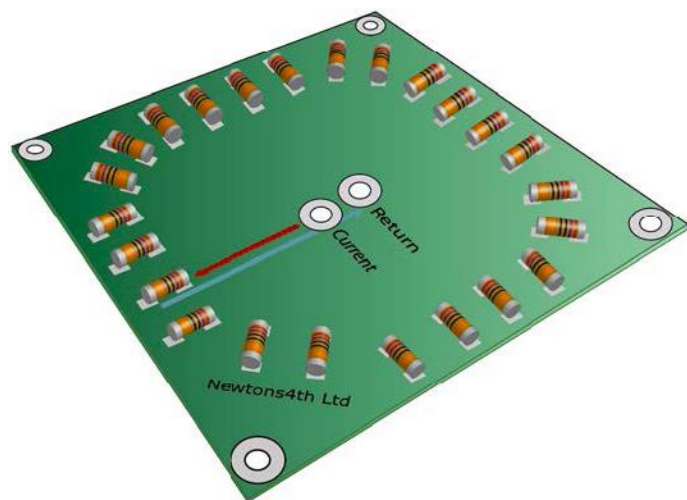
И, тем не менее, компания Newton4th Ltd. разработала конструкцию шунта, с характеристикой подавления магнитного поля, сравнимой с лучшими образцами соосных конструкций, но при этом с доступной стоимостью изготовления и соответственно, применяемой в анализаторах мощности.

Так как основными факторами, влияющими на высокую стоимость соосного шунта, являются стоимость материала (металла), обработка и сборка (причем в трех плоскостях), то основной задачей, при разработке новой конструкции, являлось получение оптимального подавления поля с расположением шунта только в двух плоскостях, т.е. в виде плоской печатной платы.

Такая печатная плата будет состоять из проводящих пластин, их толщина будет несколько больше, чем у обычной печатной платы. Между проводящими пластинами будет располагаться тонкий изоляционный слой, а внешняя часть будет состоять из двух пластин (ламинат из волокна) для придания конструкции механической прочности.



Входное и выходное соединения находятся в центре платы, от них идут прямой и обратный пути для тока через резисторы (монтаж на поверхности платы), размещенных по внешнему периметру платы. Таким образом, достигается оптимальный баланс в распределении сопротивления шунта и подавлении магнитного поля.



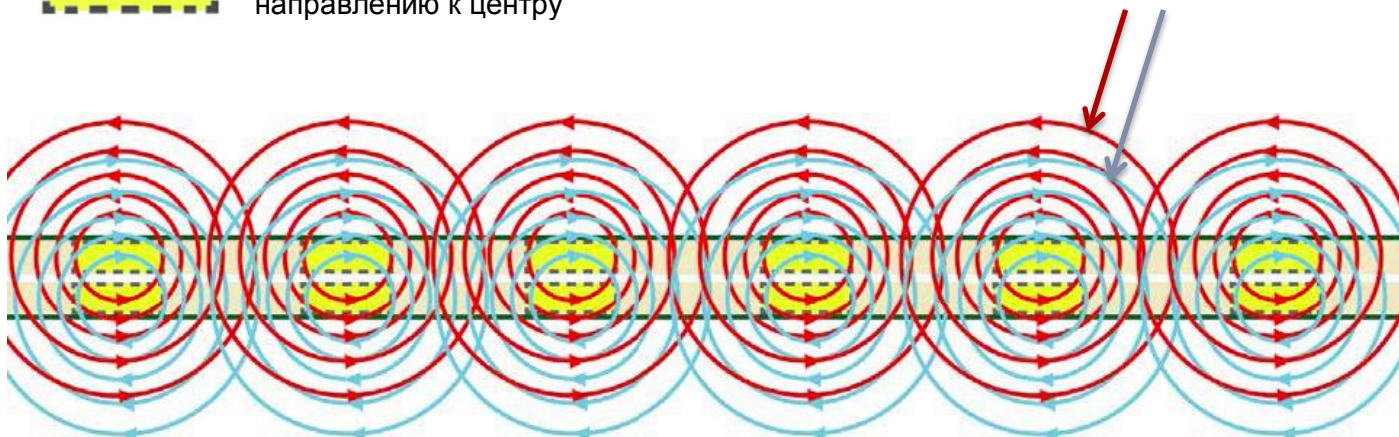
На рисунке представлен упрощенный вид конструкции шунта, с обозначением прямого и обратного путей для тока, проходящего через прецизионные поверхностные резисторы с малым температурным дрейфом.

В конструкции используются резисторы с малым тепловым дрейфом (low ppm), и сама плата эффективно охлаждается потоком воздуха. Таким образом, конструкция шунта подвержена минимальным изменениям температуры во всем диапазоне измеряемых токов.



Путь тока со стороны внешнего края шунта по направлению к центру

Подавление магнитного поля потоками прямого и обратного токов



СРАВНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИМПЕДАНСА И ФАЗЫ

Ниже приведена сравнительная таблица по номинальным параметрам импеданса и фазы для коммерчески доступных низкоиндуктивных резистивных шунтов и шунта, разработанного компанией Newton4th Ltd.

Шунт	Сопротивление	Индуктивность
Низкоиндуктивный эталонный шунт (Shunt 1)	15 мОм	20 нГн
Низкоиндуктивный эталонный шунт (Shunt 2)	10 мОм	10 нГн
Токовый шунт компании Newton4th Ltd.	10 мОм	250 пГн

Ниже представлены график зависимости импеданса шунтов от частоты, и график фазовой характеристики шунтов.

