

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ - 036

6 и 7-фазный анализ приводов электродвигателей

ВВЕДЕНИЕ

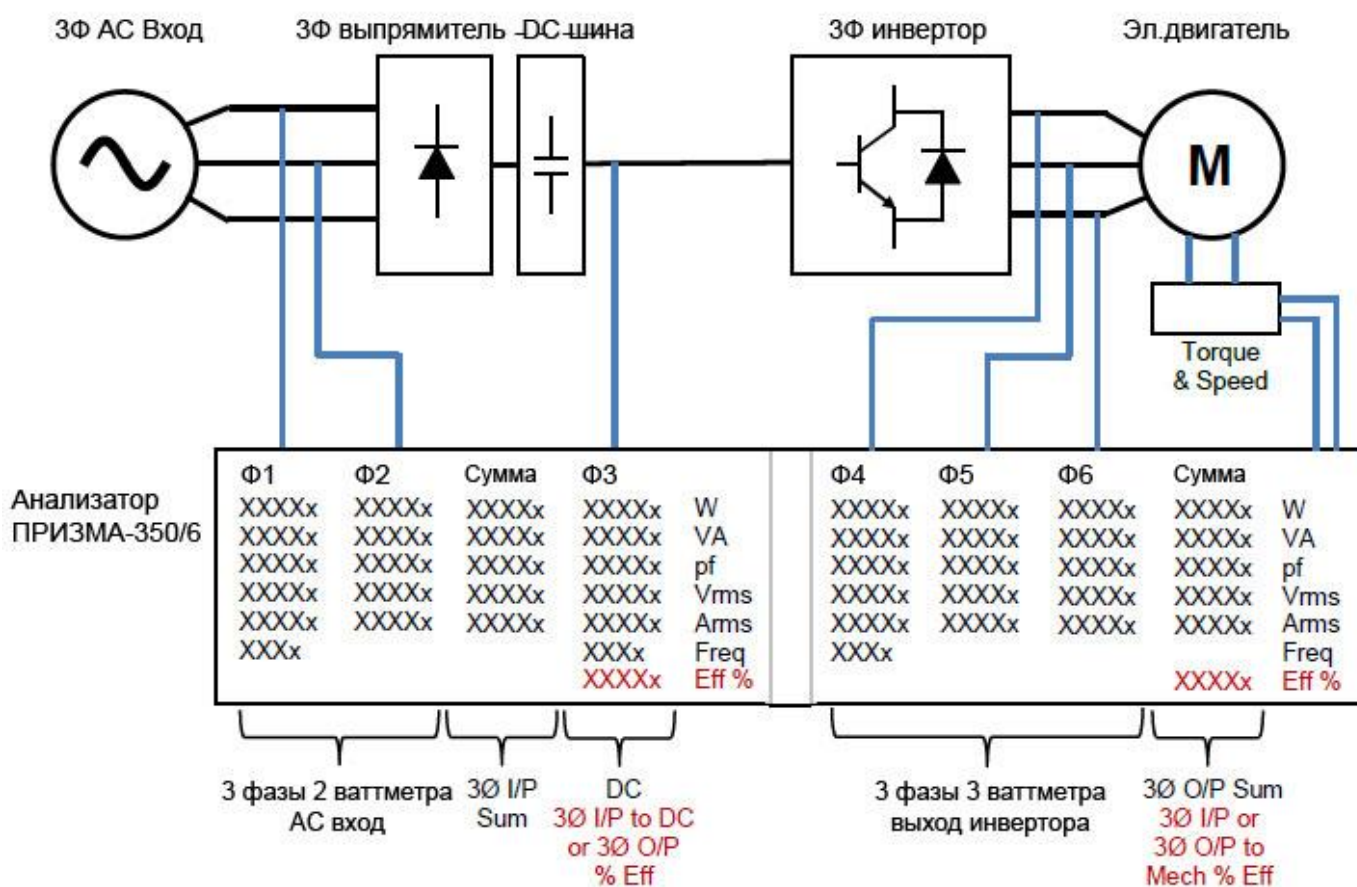
Преимущества таких решений, как низкое потребление мощности при пуске электродвигателя, управляемое ускорение, управление скоростью вращения без применения механического переключения передачи, требования к высокой эффективности (КПД) системы в целом – обеспечивают значительный и быстрый рост использования устройств ЧРП (частотно-регулируемых приводов / VFD). Вместе с другими, быстро развивающимися технологиями, применение ЧРП больше не ограничивается использованием в промышленности или в специальных задачах. ЧРП находят применение в современных бытовых устройствах, от т.н. “white goods” (электротехника домашнего обихода) до электроинструментов.

Так же как и разработка импульсных источников питания (SMPS) предъявляет растущие требования к анализаторам мощности в задачах измерения постоянно повышающейся эффективности (КПД) таких источников, так и растущая эффективность устройств ЧРП (с учетом сложных сигналов напряжения, генерируемых такими устройствами), поднимает уровень требований к анализаторам мощности при тестировании инвертора и электродвигателя. Причем этот уровень значительно превышает возможности измерительного оборудования, успешно использовавшегося в традиционных задачах тестирования электродвигателей переменного тока.

Измерения могут фокусироваться на эффективности электродвигателя, эффективности устройства ЧРП, параметрах всей системы от входной АС мощности питания до механической мощности двигателя, но в любом случае, для полноты испытания потребуются несколько измерительных точек. Если речь идет об испытании изначально стабильной системы и с высокой повторяемостью результатов измерения, то с практической точки зрения, все измерения следует делать последовательно. Однако, в большинстве случаев, абсолютную стабильность системы нельзя обеспечить, тем более при изменяющейся нагрузке, что свойственно системам с применением ЧРП. Поэтому в таких задачах требуется обеспечить одновременное измерение/расчет параметров эффективности, основанной на электрических и механических параметрах системы. А для этого требуется измерительное оборудование, удовлетворяющее высоким требованиям таких сложных современных систем.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ (КПД) СИСТЕМЫ ПРИ 6-ФАЗНОМ АНАЛИЗЕ

На приведенной ниже диаграмме показано измерение эффективности выпрямителя, инвертора и электродвигателя при использовании 6-фазного анализатора мощности.



ПОЧЕМУ 6-ФАЗНЫЙ АНАЛИЗАТОР?

Из диаграммы видно, что с помощью 6 измерительных каналов (каждый канал – для напряжения и тока) и входов измерения скорости/момента вращения, есть возможность измерить входную мощность по 3 фазам, мощность DC шины, выходную мощность системы по 3 фазам и механическую мощность. Частично по этой причине, 6 измерительных каналов мощности являются стандартной конфигурацией анализаторов, применяемых в таких задачах.

В случае, когда необходимо измерить суммарные электрические параметры входа и выхода системы, и нет необходимости измерять мощность на DC шине, можно воспользоваться измерительной конфигурацией 3 Фазы 3 Ваттметра для входа и выхода соответственно. Такой метод измерения покажет вклад каждой фазы в общую мощность. Однако, измерение мощности каждой фазы с выхода инвертора представляет гораздо больший интерес, чем мощность AC каждой из питающих систему входных фаз. Поэтому входные параметры зачастую измеряются с помощью метода 2 Ваттметров, который обеспечивает эквивалентное значение суммарной мощности, что и метод с использованием 3 Ваттметров, оставляя третий измерительных канал свободным для измерения мощности DC шины или каких-либо внешних параметров (скорость, вибрация, температура и т.д.).

Здесь необходимо помнить, что правильно реализованная схема подключения 3 Фазы 2 Ваттметра всегда дает то же самое значение суммарной мощности, что и схема подключения 3 Фазы 3 Ваттметра (см. *Пример применения 014 – «Измерение мощности 3-фазных систем с помощью 2 ваттметров»*). И результат по суммарной мощности будет эквивалентным вне зависимости от амплитуд, фазных углов, дисбаланса гармоник измеряемой 3-фазной системы. Поэтому при необходимости измерения вклада каждой фазы в общую мощность, требуется использовать метод 3 Ваттметров,

Расчет напряжений:

Рассмотрим напряжение нулевой точки при соединении звездой относительно напряжения фазы 3, используя теорему наложения (суперпозиции):

$$V_s(t) = Z \times (V_{d1}(t) / Z_1 + V_{d2}(t) / Z_2)$$

При равенстве значений импедансов нагрузок $Z_1 = Z_2 = Z_3$, получаем:

$$V_s(t) = (V_{d1}(t) + V_{d2}(t)) / 3$$

Теперь,

$$\begin{aligned} V_{s1}(t) &= V_{d1}(t) - V_s(t) \\ &= V_{d1}(t) - (V_{d1}(t) + V_{d2}(t)) / 3 \\ &= (2 \times V_{d1}(t) - V_{d2}(t)) / 3 \end{aligned}$$

Подобным образом,

$$V_{s2}(t) = (2 \times V_{d2}(t) - V_{d1}(t)) / 3$$

$$\begin{aligned} V_{s3}(t) &= 0 - V_s(t) \\ &= -(V_{d1}(t) + V_{d2}(t)) / 3 \end{aligned}$$

При практическом использовании данных вычислений необходимо помнить о том, что подразумевается равенство импедансов нагрузок и отсутствие сторонних источников напряжения, влияющих на нулевую точку схемы.

Расчет токов:

Токи фаз 1 и 2 измеряются непосредственно, ток фазы 3 вычисляется с помощью закона Кирхгофа:

$$A_3(t) = -A_1(t) - A_2(t)$$

Здесь также подразумевается отсутствие сторонних источников тока, влияющих на нулевую точку схемы.

Расчет мощностей:

$$\begin{aligned} W_{s1}(t) &= V_{s1}(t) \times A_1(t) \\ &= (2 \times V_{d1}(t) - V_{d2}(t)) \times A_1(t) / 3 \\ &= (2 \times W_{d1}(t) - V_{d2}(t) \times A_1(t)) / 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{s2}(t) &= V_{s2}(t) \times A_2(t) \\ &= (2 \times V_{d2}(t) - V_{d1}(t)) \times A_2(t) / 3 \\ &= (2 \times W_{d2}(t) - V_{d1}(t) \times A_2(t)) / 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{s3}(t) &= V_{s3}(t) \times A_3(t) \\ &= (-V_{d1}(t) - V_{d2}(t)) \times (-A_1(t) - A_2(t)) / 3 \\ &= (W_{d1}(t) + V_{d1}(t) \times A_2(t) + V_{d2}(t) \times A_1(t) + W_{d2}(t)) / 3 \end{aligned}$$

Для подтверждения формулы, рассмотрим суммарную мощность (опуская (t) для ясности):

$$\begin{aligned} \text{Сумм. мощность} &= W_{s1} + W_{s2} + W_{s3} \\ &= (2 \times W_{d1} - V_{d2} \times A_1 + 2 \times W_{d2} - V_{d1} \times A_2 + W_{d1} + V_{d1} \times A_2 + V_{d2} \times A_1 + W_{d2}) / 3 \\ &= W_{d1} + W_{d2} \end{aligned}$$

Все расчеты основаны на мгновенных значениях величин и требуют отсутствия какого-либо внешнего источника напряжения/тока, влияющего на нулевую точку соединения звездой на стороне нагрузки. И конечно, сопоставимые импедансы нагрузок фаз.

ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ 7-ФАЗНОГО РЕЖИМА В АНАЛИЗАТОРЕ ПРИЗМА-350/6

POWER ANALYZER				
phase 1	phase 2	phase 7	phase 3	coupling: ac+dc
532.77	521.64	536.50	1.5690k	W
535.33	534.09	536.50	1.5690k	V/A
0.9952	0.9767	1.0000	1.0000	pf
231.18	231.02	231.42	320.10	V
2.3157	2.3119	2.3183	4.9016	A
49.999			0.0000	Hz
			98.62	%

POWER ANALYZER				
phase 4	phase 5	phase 6	SUM2	coupling: ac+dc
479.01	478.10	480.69	1.4378k	W
479.27	478.39	480.76	1.4378k	V/A
0.9995	0.9994	0.9999	1.0000	pf
138.68	138.46	139.04	138.73	V
3.4558	3.4552	3.4577	3.4562	A
49.999				Hz
			90.43	%

Обратите внимание, что смоделированная «Фаза 7» (Phase 7) является третьей фазой, 3-фазного входного сигнала, с расчетными значениями Вт, ВА, коэфф. мощности, В и А.

ВЫВОД

Возрастающая сложность современных задач для устройств с ЧРП требует использования многоканальных измерительных приборов, для получения содержательных результатов измерения.

Современные измерительные приборы с соответствующими алгоритмами обработки сигнала и высокой процессорной мощностью, могут обеспечить высокоточные измерения параметров мощности по 6 и 7 фазам в режиме реального времени.

Дополнительную информацию по прецизионным анализаторам мощности серии ПРИЗМА вы можете найти на сайтах www.n4l.ru, www.newtons4th.com