

1-8. Технические характеристики

В следующих разделах представлены общие и подробные технические характеристики.

1-9. Общие технические характеристики

1-10. Входная мощность

Напряжение	100 В - 240 В с флуктуациями до $\pm 10\%$
Броски неустановившегося напряжения	Устойчивость к импульсам (перенапряжению) по категории II стандарта IEC 60364-4-443
Частота	47 Гц – 63 Гц
Макс. энергопотребление	1000 ВА в диапазоне 100 В - 130 В, 1250 ВА в диапазоне 130 В - 260 В

1-11. Габариты

	6100В, 6101В, 6105А и 6106А	С опцией на 50 А или 80 А
Высота	233 мм (9,17 дюйма)	324 мм (12,8 дюйма)
Высота (без подставки)	219 мм (8,6 дюйма)	310 мм (12,2 дюйма)
Ширина	432 мм (17 дюймов)	432 мм (17 дюймов)
Глубина	630 мм (24,8 дюйма)	630 мм (24,8 дюйма)
Масса	23 кг (51 фунт)	30 кг (66 фунтов)

1-12. Внешние условия эксплуатации

Рабочие температуры	5 °С - 35 °С
Диапазон температур калибровки (tcal)	16 °С - 30 °С
Температура хранения	0 °С - 50 °С
Температура транспортировки	-20 °С - 60 °С <100 часов
Время прогрева	1 час
Макс. относительная влажность для безопасной работы (без конденсации)	<80 % 5 °С - 31 °С с линейным уменьшением до 50 % при 35 °С
Макс. относительная влажность при хранении (без конденсации)	<95 % 0 °С - 50 °С
Эксплуатационная высота над уровнем моря	0 м - 2000 м
Высота над уровнем моря в неработающем состоянии	0 м - 12000 м
Ударопрочность	MIL-PRF-28800F, класс 3
Вибрация	MIL-PRF-28800F, класс 3
Корпус	MIL-PRF-28800F, класс 3

1-13. Безопасность

- Соответствует CAN/CSA-C22.2 № 61010.1-04, стандартам UL № 61010-1 (2^е издание), ISA-82.02.01
Стандарт сравнения: IEC 61010-1:2001
- Только для работы в помещении, степень загрязнения 2; категория перенапряжений II
- Соответствует нормам ЕС и канадским стандартам CSA

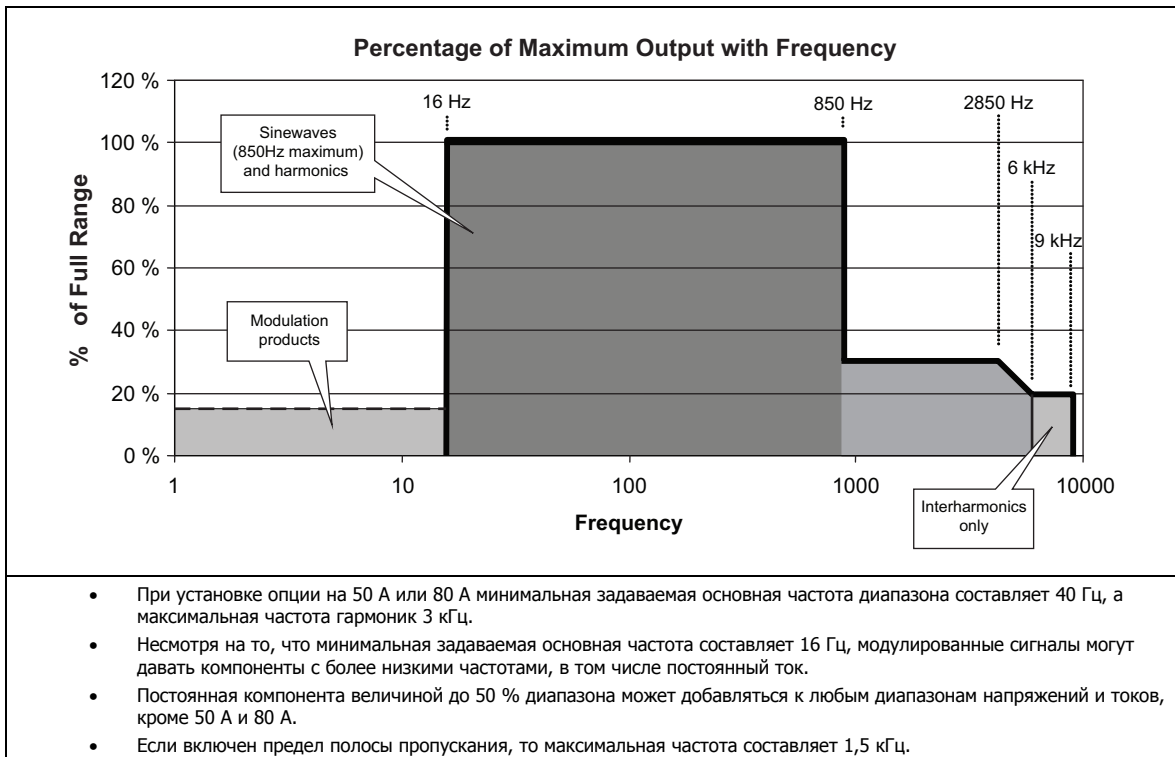
1-14. Электромагнитная совместимость

EN61326-1:2006, CISPR 11 Класс А, Правила FCC часть 15, подраздел В, класс А (оборудование класса А допускается к работе на объектах, иных, чем жилые, и подключенных непосредственно к электросети низкого напряжения жилых помещений).

1-15. Общие электротехнические характеристики

Дискретность задания напряжения/тока	6 знаков
Диапазон основных частот	16 Гц – 850 Гц
Фиксация частоты сети питания	45 Гц - 65,9 Гц по выбору пользователя
Погрешность частоты	±50 ppm
Точность установки частоты	0,1 Гц
Время прогрева до достижения максимальной точности	1 час или удвоенное время после последнего прогретого состояния
Время установления после изменения на выходе	от 0 до 10 секунд
Номинальный угол между фазами напряжения	120 °
Номинальный угол между напряжением и током на фазе	0 °
Регулировка фазового угла	±180 °, ± π радиан ^[1]
Разрешение регулировки фазового угла	0,001 °, 0,00001 радиан ^[1]
Максимальное число гармоник напряжения	100, включая 1 ^{-ю} (основная частота)
Максимальное число гармоник тока	100, включая 1 ^{-ю} (основная частота)
[1] Пересчет фазы, заданной в градусах, в фазу в радианах и обратно может быть неточным ввиду ошибок округления.	

1-16. Пределы по амплитуде/частоте



1-17. Работа с открытым и замкнутым контуром

Максимальная точность для чисто синусоидального сигнала или синусоидального сигнала с гармониками достигается при использовании аналоговых и цифровых систем с обратной связью (замкнутый контур). Если используется любая функция из следующих: фликер, флуктуирующие гармоники, провалы/выбросы или интергармоники, то цифровая система автоматически переходит в режим с открытым контуром. Первоначальные показатели соответствуют указанным в столбце точности в течение 1 года и ухудшаются со временем, как указано в столбце стабильности. Максимальная точность может быть восстановлена путем кратковременного отключения одной из функций: фликер, флуктуирующие гармоники, провалы/выбросы или интергармоники, или путем изменения значения синусоидального сигнала или любой гармоники для этого канала.

1-18. Электрические характеристики

Обозначенная точность включает погрешность калибровки, указанную сервисными центрами Fluke. В нижеследующих характеристиках указанная погрешность соответствует коэффициенту запаса $k = 2$, что эквивалентно доверительному уровню 96 % согласно метрологической практике.

1-19. Технические характеристики для напряжения

1-20. Максимальная емкостная нагрузка канала напряжения для обеспечения стабильности на выходе

Выход по напряжению остается стабильным при нагрузке 100 нФ, однако может потерять способность выдерживать эту нагрузку при любых сочетаниях напряжения/ частоты/ гармоник ввиду ограничений по токовой нагрузке.

1-21. Пределы по напряжению и нагрузка

Предел измерения (FR)	23 В	45 В	90 В	180 В	360 В	650 В ^[4]	1008 В
Макс. на пике ^{[1][2]}	32,5 В	63,6 В	127,2 В	254,5 В	509 В	919 В	1425 В
Максимальная нагрузка (пиковый ток) ^[3]	1 А	1 А	1 А	1 А	1 А	1 А	71 мА
Максимальная нагрузка (среднеквадратичный ток) ^[3]	500 мА	500 мА	500 мА	250 мА	150 мА	110 мА	60 мА

[1] Эти значения относятся к синусоидальным, искаженным и модулированным сигналам.
[2] Фазовый сдвиг гармоник напряжения существенно влияет на пиковое значение несинусоидального сигнала.
[3] Чтобы получить необходимые характеристики при 4-проводном измерении, сопротивление измерительных выводов должно быть менее 1Ω, а сопротивление проводов питания менее 1,5 Ω.
[4] Только для моделей 6105A и 6101B.
[5] Пиковый ток не может быть продолжительным и зависит от величины напряжения, при котором он задается. Этот ток не может быть достигнут, когда напряжение на выходе 0 В, но его можно достигнуть, когда напряжение приближается к пиковому уровню формы сигнала. Возможность создавать высокие пиковые токи рассчитана на измерительные устройства, которые потребляют токовые импульсы из сигнала.

1-22. Амплитудные характеристики синусоидального напряжения

Диапазоны	Частота	Напряжение ^[5]	6105A и 6106A 1-годичная погрешность, tcal ^[4] ±5 °C ± (ppm выходного значения + мВ) ^[1]		6100B и 6101B 1-годичная погрешность, tcal ^[4] ±5 °C ± (ppm выходного значения + мВ) ^[1]		6100B, 6101B, 6105A и 6106A 24-часовая стабильность с открытым контуром ± (ppm выходного значения + мВ) ^{[2][3]}	
1,0 В - 23 В	45 Гц – 65 Гц	15 В - 17 В	42	0	112	1	75	0,8
		1,0 В - 23 В	42	0,2				
	16 Гц – 850 Гц	1,0 В - 23 В	60	0,2				
3 В - 45 В	45 Гц – 65 Гц	28 В - 32 В	42	0	112	2	75	0,8
		3 В - 45 В	42	0,4				
	16 Гц – 850 Гц	3 В - 45 В	60	0,4				
6,3 В - 90 В	45 Гц – 65 Гц	56 В - 64 В	42	0	112	2,2	75	0,8
		6,3 В - 90 В	42	0,8				
	16 Гц – 850 Гц	6,3 В - 90 В	60	0,8				
13 В - 180 В	45 Гц – 65 Гц	110 В - 128 В	44	0	112	4,4	75	1,5
		13 В - 180 В	44	1,6				
	16 Гц – 850 Гц	13 В - 180 В	60	1,6				
25 В - 360 В	45 Гц – 65 Гц	215 В - 246 В	44	0	112	8,8	75	3
		25 В - 360 В	60	3,2				
	16 Гц – 850 Гц	25 В - 360 В	61	3,2				
46 В – 650 В	45 Гц – 65 Гц	425 В - 490 В	44	0	-	-	75	6
		46 В - 650 В	60	5,8				
	16 Гц – 850 Гц	46 В - 650 В	61	5,8				
70 В - 1008 В	45 Гц – 65 Гц	740 В - 850 В	44	0	150	26	75	10
		70 В - 1008 В	60	10				
	16 Гц – 850 Гц	70 В - 1008 В	61	10				

[1] Только для четырехпроводной измерительной схемы, для двухпроводной схемы к величине погрешности необходимо добавить дополнительное напряжение = 0,3 Ω х максимальный ток нагрузки.

[2] Для ±1 °C и постоянных нагрузке и подключениях.

[3] Если используется любая функция из следующих: фликер, флуктуирующие гармоники, провалы/выбросы или интергармоники, то характеристики стабильности системы с открытым контуром необходимо добавить к 1-годовым характеристикам погрешности, как указано в разделе "Работа с открытым и замкнутым контуром".

[4] tcal = температура последней калибровки

[5] Выходные уровни ниже нижней границы диапазона могут быть заданы, но не указаны.

1-23. Амплитудные характеристики напряжения постоянного тока и гармонического напряжения

Диапазон	Выходное значение ^{[4][5]}	Частота	6105А и 6106А 1-годичная погрешность, tcal ^[4] ±5 °С ±(ppm выходного значения + мВ) ^{[1][6]}		6100В и 6101В 1-годичная погрешность, tcal ^[4] ±5 °С ±(ppm выходного значения + мВ) ^{[1][6]}		24-часовая стабильность с открытым контуром ± (ppm выходного значения + мВ) ^{[2][3]}	
1,0 В - 23 В	0 В - 11,5 В	Постоянный ток	91	2	122	5	75	1,8
	0 В - 6,9 В	16 Гц – 850 Гц	58	1	122	1	75	0,8
		850 Гц – 6 кГц	451	1	512	1	150	0,8
3 В - 45 В	0 В - 22,5 В	Постоянный ток	91	4	122	10	75	3,3
	0 В - 13,5 В	16 Гц – 850 Гц	58	2	122	2	75	0,8
		850 Гц – 6 кГц	451	2	512	2	150	0,8
6,3 В - 90 В	0 В - 45 В	Постоянный ток	91	8	122	24	75	8
	0 В - 27 В	16 Гц – 850 Гц	60	2,2	122	2,2	75	0,8
		850 Гц – 6 кГц	451	2,2	512	2,2	150	0,8
13 В - 180 В	0 В - 90 В	Постоянный ток	91	16	122	50	75	15
	0 В - 54 В	16 Гц – 850 Гц	60	4,4	122	4,4	75	1,5
		850 Гц – 6 кГц	451	4,4	512	4,4	150	1,5
25 В - 360 В	0 В - 180 В	Постоянный ток	91	32	122	100	75	30
	0 В - 108 В	16 Гц – 850 Гц	60	12	122	12	75	3
		850 Гц – 6 кГц	451	12	512	12	150	3
46 В - 650 В	0 В - 325 В	Постоянный ток	92	60	-	-	75	65
	0 В - 195 В	16 Гц – 850 Гц	61	22	-	-	75	6
		850 Гц – 6 кГц	451	22	-	-	150	6
70 В - 1008 В	0 В - 504 В	Постоянный ток	92	100	166	300	75	100
	0 В - 302 В	16 Гц – 850 Гц	61	33	166	33	75	10
		850 Гц – 6 кГц	451	33	524	33	150	10

[1] Только для четырехпроводной измерительной схемы, для двухпроводной схемы к величине погрешности необходимо добавить дополнительное напряжение = 0,3 Ω x максимальный ток нагрузки.

[2] Для ±1 °С и постоянных нагрузке и подключениях.

[3] Если используется любая функция из следующих: фликер, флуктуирующие гармоники, провалы/выбросы или интергармоники, то характеристики стабильности с открытым контуром необходимо добавить к 1-годовым характеристикам погрешности, как указано в разделе "Работа с открытым и замкнутым контуром".

[4] Эти характеристики применимы, только если комбинированное эффективное напряжение на выходе превышает нижнюю границу диапазона. Если комбинированное значение на выходе менее нижней границы диапазона, то выходные параметры не указываются.

[5] Максимальное значение для единичной гармоники (со 2-й по 100-ю) ниже 2850 Гц составляет 30 % диапазона. См. раздел "Пределы по амплитуде/частоте" для профилей выше 2850 Гц.

[6] tcal = температура последней калибровки

1-24. Искажения и шумы напряжения

Диапазон и частота		Максимальные нелинейные искажения ^[1] Либо:				Уровень негармонических шумов (по отношению к полному диапазону)	
Полный Диапазон	Частота	максимальное значение из		или максимальное значение из		16 Гц - 4 МГц	
		дБ	Вольт	% уставки	% диапазона	дБ	%
23 В	16 Гц – 850 Гц	-76	480 μ V (мкВ)	0,016	0,003	-66	0,05
	850 Гц – 6 кГц	-52	2,4 мВ	0,25	0,015	-66	0,05
45 В	16 Гц – 850 Гц	-76	990 μ V (мкВ)	0,016	0,003	-70	0,032
	850 Гц – 6 кГц	-52	5,0 мВ	0,25	0,015	-70	0,032
90 В	16 Гц – 850 Гц	-76	2,3 мВ	0,016	0,003	-72	0,025
	850 Гц – 6 кГц	-52	11 мВ	0,25	0,015	-72	0,025
180 В	16 Гц – 850 Гц	-76	5,0 мВ	0,016	0,003	-76	0,016
	850 Гц – 6 кГц	-52	25 мВ	0,25	0,015	-76	0,016
360 В	16 Гц – 850 Гц	-76	10 мВ	0,016	0,003	-66	0,05
	850 Гц – 6 кГц	-52	50 мВ	0,25	0,015	-66	0,05
650 В	16 Гц – 850 Гц	-76	20 мВ	0,016	0,003	-60	0,1
	850 Гц – 6 кГц	-52	100 мВ	0,25	0,015	-60	0,1
1008 В	16 Гц – 850 Гц	-76	30 мВ	0,016	0,003	-60	0,1
	850 Гц – 6 кГц	-52	151 мВ	0,25	0,015	-60	0,1

[1] нелинейные искажения, выраженные в дБ, линейно возрастают между 850 Гц и 6 кГц.

1-25. Пределы по току

Предел измерения (FR)	0,25 А	0,5 А	1 А	2 А	5 А	10 А	21 А	50 А	80 А
Макс. пиковое значение ^{[1][2]}	0,353 А	0,707 А	1,414 А	2,828 А	7,07 А	14,14 А	29,7 А	70,7	113 А
Максимальное совместимое напряжение для полного диапазона (V_{pk}) ^{[3][4]}	14 В	14 В	14 В	14 В	14 В	14 В	12,5 В	3 В	2 В
Максимальная индуктивная нагрузка, широкая полоса ^[5]	300 μ Н (мкГн)	300 μ Н (мкГн)	300 μ Н (мкГн)	300 μ Н (мкГн)	300 μ Н (мкГн)	30 μ Н (мкГн)	30 μ Н (мкГн)	30 μ Н (мкГн)	30 μ Н (мкГн)
Максимальная индуктивная нагрузка, узкая полоса ^{[5][6]}	2 мГн	2 мГн	1 мГн	1 мГн	500 μ Н	360 μ Н	500 μ Н	250 μ Н	250 μ Н

- [1] Эти значения относятся к синусоидальным, искаженным и модулированным сигналам.
 [2] Фазовый сдвиг гармонического тока существенно влияет на пиковое значение несинусоидального сигнала.
 [3] При частотах выше 450 Гц прибор будет выдавать сигнал на токовый выход, который обеспечит максимальное совместимое напряжение на нагрузке, однако могут потребоваться "поправки" к показателям погрешности разделов "Амплитудные характеристики постоянного и синусоидального тока" и "Искажения тока и шумы". Расчеты поправок приводятся ниже.
 [4] Соответствие характеристик напряжения указанным будет снижено на конце подводящих проводов, ввиду активных потерь в проводах.
 [5] Выход по току остается стабильным при указанной индуктивной нагрузке, но может не поддерживать указанную индуктивность при любых сочетаниях напряжения/ частоты/ гармоник ввиду ограничений по нагрузке по напряжению. Индуктивную нагрузку, связанную с кабелями, можно снизить, уменьшив площадь контура, например, расположив кабели рядом или укоротив их.
 [6] В узкополосном режиме максимальная частота составляет 1,5 кГц.

1-26. Поправка на нестабильность выхода по нагрузке

Конечность выходного импеданса усилителя тока вызывает нестабильность выхода, которую необходимо учитывать. Пусть V_F = пиковое напряжение, развиваемое на нагрузке, при токе I_F и частоте F . Пусть I_{FR} - максимальный ток, а V_{max} максимальное совместимое пиковое напряжение для используемого диапазона.

Если $V_F/V_{max} \leq I_F/I_{FR}$, то поправка не требуется. В противном случае поправка рассчитывается следующим образом:

$$\text{если } V_F/V_{max} > I_F/I_{FR}, \text{ добавить: } \frac{I_{FR} \times F \times V_F}{20 \times V_{max}} \mu A$$

Пример: на выходе 800 Гц и эффективный ток 0,5 А в диапазоне 5 А. Характеристика по току для 6100В в разделе "Амплитудные характеристики синусоидального тока" составляет:

$$139 \text{ ppm} + 120 \mu A = 70 \mu A + 120 \mu A$$

Напряжение на выходе на пике составляет 6 В, а максимальное совместимое напряжение 14 В, например, $V_F/V_{max} > I_F/I_{FR}$. Поправка составит:

$$\frac{5 \times 800 \times 6}{20 \times 14} = 85 \mu A$$

Характеристики по току составляют:

$$70 \mu A + 120 \mu A + 85 \mu A = 275 \mu A$$

1-27. Амплитудные характеристики синусоидального тока

Диапазон (Ампер)	Частота	Текущее (А) ^[4]	6105А и 6106А 1-годичная погрешность, tcal ^[3] ±5 °C ±(ppm выходного значения + μА)		6100В и 6101В 1-годичная погрешность, tcal ^[3] ±5 °C ±(ppm выходного значения + μА)		24-часовая стабильность с открытым контуром ±(ppm выходного значения + μА) ^{[1][2]}	
0,25 А	45 Гц – 65 Гц	0,1 А - 0,25 А	46	2,5	139	6	75	3
		0,25 А	46	1,5	130	6	75	3
	16 Гц – 850 Гц	0,01 А - 0,1 А	60	5	139	6	75	3
		0,1 А - 0,25 А	60	5	139	6	75	3
0,5 А	45 Гц – 65 Гц	0,2 А - 0,5 А	46	5	139	12	75	5
		0,5 А	46	3	130	12	75	5
	16 Гц – 850 Гц	0,05 А - 0,2 А	61	10	139	12	75	5
		0,2 А - 0,5 А	61	10	139	12	75	5
1 А	45 Гц – 65 Гц	0,4 А - 1,0 А	47	10	139	24	75	10
		1 А	47	6	130	24	75	10
	16 Гц – 850 Гц	0,1 А - 0,4 А	61	20	139	24	75	10
		0,4 А - 1 А	61	20	139	24	75	10
2 А	45 Гц – 65 Гц	0,8 - 2 А	46	20	139	48	75	20
		2 А	46	12	130	48	75	20
	16 Гц – 850 Гц	0,2 А - 0,8 А	61	40	139	48	75	20
		0,8 А - 2 А	61	40	139	48	75	20
5 А	45 Гц – 65 Гц	2 - 5 А	49	50	139	120	75	50
		5 А	49	30	130	120	75	50
	16 Гц – 850 Гц	0,5 А - 2 А	64	100	139	120	75	50
		2 А - 5 А	64	100	139	120	75	50

[1] Для ±1 °C и постоянных нагрузке и подключениях.

[2] Если используется любая функция из следующих: фликер, флуктуирующие гармоники, провалы/выбросы или интергармоники, то характеристики стабильности с открытым контуром необходимо добавить к 1-годичным характеристикам погрешности, как указано в разделе "Работа с открытым и замкнутым контуром".

[3] tcal = температура последней калибровки

[4] Выходные уровни, меньшие, чем меньшая граница диапазона, могут быть заданы, но не указаны.

[5] Время установления (TS) для диапазонов 21 А, 50 А и 80 А зависит от среднеквадратичного значения на выходе как доли полного диапазона и может быть найдено из: TS = %FR2 x 180 секунд. Величина переходного сигнала не превышает 50 ppm от FR.

Диапазон (Ампер)	Частота	Текущее (А) ^[4]	6105А и 6106А 1-годичная погрешность, tcal ^[3] ±5 °С ±(ppm выходного значения + μА)		6100В и 6101В 1-годичная погрешность, tcal ^[3] ±5 °С ±(ppm выходного значения + μА)		24-часовая стабильность с открытым контуром ±(ppm выходного значения + μА) ^{[1][2]}	
10 А	45 Гц – 65 Гц	4 - 10 А	49	100	191	240	75	50
		10 А	49	60	164	240	75	50
	16 Гц – 850 Гц	1 А - 4 А	65	200	191	240	75	100
		4 А - 10 А	65	200	191	240	75	100
21А	45 Гц – 65 Гц	8 А - 21 А	49	200	213	720	75	300
		21А	49	120	189	720	75	300
	16 Гц – 850 Гц	2 А - 8 А	69	400	213	720	75	300
		8 А - 21 А	69	400	213	720	75	300
50А	45 Гц – 65 Гц	20 А - 50 А	49	500	213	1800	500	750
		50А	49	300	189	1800	500	750
	40 Гц – 850 Гц	3,2 А - 20 А	74	1000	213	1800	500	750
		20 А - 50 А	74	1000	213	1800	500	750
80А	40 Гц – 450 Гц	8 А - 32 А	106	2800	265	2800	1000	1200
		32 А - 80 А	106	2800	250	2800	1000	1200
	450 Гц - 850 Гц	8 А - 32 А	112	2800	300	2800	1000	1200
		32 А - 80 А	118	2800	280	2800	1000	1200
<p>[1] Для ±1 °С и постоянных нагрузке и подключениях.</p> <p>[2] Если используется любая функция из следующих: фликер, флуктуирующие гармоники, провалы/выбросы или интергармоники, то характеристики стабильности с открытым контуром необходимо добавить к 1-годовым характеристикам погрешности, как указано в разделе "Работа с открытым и замкнутым контуром".</p> <p>[3] tcal = температура последней калибровки</p> <p>[4] Выходные уровни, меньшие, чем меньшая граница диапазона, могут быть заданы, но не указаны.</p> <p>[5] Время установления (TS) для диапазонов 21 А, 50 А и 80 А зависит от среднеквадратичного значения на выходе как доли полного диапазона и может быть найдено из: TS = %FR2 x 180 секунд. Величина переходного сигнала не превышает 50 ppm для полного диапазона.</p>								

1-28. Амплитудные характеристики постоянного и синусоидального тока

Диапазон	Ток ^[4]	Частота	6105А и 6106А 1-годичная погрешность, $t_{cal}^{[3]} \pm 5^\circ C$ $\pm(\text{ppm}$ выходного значения + μA)		6100В и 6101В 1-годичная погрешность, $t_{cal}^{[3]} \pm 5^\circ C$ $\pm(\text{ppm}$ выходного значения + μA)		24-часовая стабильность с открытым контуром $\pm(\text{ppm}$ выходного значения + μA) ^{[1][2]}	
0,01 А - 0,25 А	0 А - 0,125 А	Постоянный ток	89	25	139	75	100	11
	0 А - 0,075 А	16 Гц – 850 Гц	61	5	139	6	75	3
		850 Гц – 6 кГц	400	5	400	6	150	3
0,05 А - 0,5 А	0 А - 0,25 А	Постоянный ток	89	50	139	150	100	22
	0 А - 0,15 А	16 Гц – 850 Гц	61	10	139	12	75	5
		850 Гц – 6 кГц	400	10	400	12	150	5
0,1 А - 1 А	0 А - 0,5 А	Постоянный ток	89	100	139	300	100	45
	0 А - 0,3 А	16 Гц – 850 Гц	61	20	139	24	75	10
		850 Гц – 6 кГц	400	20	400	24	150	10
0,2 А - 2 А	0 А - 1 А	Постоянный ток	89	200	139	600	100	90
	0 А - 0,6 А	16 Гц – 850 Гц	61	40	182	48	75	20
		850 Гц – 6 кГц	400	40	400	48	150	20
0,5 А - 5 А	0 А - 2,5 А	Постоянный ток	89	500	139	1500	100	225
	0 А - 1,5 А	16 Гц – 850 Гц	61	100	139	120	75	50
		850 Гц – 6 кГц	400	100	400	120	150	50
1 А - 10 А	0 А - 5 А	Постоянный ток	89	1000	191	3000	100	450
	0 А - 3 А	16 Гц – 850 Гц	64	200	191	240	75	100
		850 Гц – 6 кГц	400	200	400	240	150	100
2 А - 21 А	0 А - 10 А	Постоянный ток	90	2000	191	6000	100	900
	0 А - 6 А	16 Гц – 850 Гц	65	400	191	720	75	300
		850 Гц – 6 кГц	400	400	400	720	150	300
5 А - 50 А	0 А - 15 А	16 Гц – 850 Гц	69	1000	250	2800	500	750
		850 Гц – 3 кГц	400	1000	400	2800	750	1200
8 А - 80 А	0 А - 24 А	16 Гц – 850 Гц	112	2000	265	2800	500	1200
		850 Гц – 3 кГц	400	2000	400	2800	750	1200

[1] Для $\pm 1^\circ C$ и постоянных нагрузке и подключениях.
 [2] Если используется любая функция из следующих: фликер, флуктуирующие гармоники, провалы/выбросы или интергармоники, то характеристики стабильности с открытым контуром необходимо добавить к 1-годовым характеристикам погрешности, как указано в разделе "Работа с открытым и замкнутым контуром".
 [3] t_{cal} = температура последней калибровки
 [4] Эти характеристики применимы, только если комбинированное эффективное напряжение на выходе превышает нижнюю границу диапазона. Если комбинированное значение на выходе менее нижней границы диапазона, то выходные параметры не указываются.
 [5] Максимальное значение для единичной гармоники (со 2-й по 100-ю) ниже 2850 Гц составляет 30 % диапазона. См. раздел "Пределы по амплитуде/частоте" для профилей выше 2850 Гц.

1-29. Искажения и шумы по току

Диапазон и частота		Максимальные нелинейные искажения ^[1] Либо:				Уровень негармонических шумов (по отношению к полному диапазону)	
Полный диапазон	Частота	максимальное значение из		или максимальное значение из		16 Гц - 4 МГц	
		дБ	Амперы	% уставки	% диапазона	дБ	%
0,25 А	16 Гц – 850 Гц	-80	7,5 мА	0,01	0,003	-50	0,316
	850 Гц – 6 кГц	-60	25 мА	0,1	0,01	-50	0,316
0,5 А	16 Гц – 850 Гц	-80	15 мА	0,01	0,003	-60	0,100
	850 Гц – 6 кГц	-60	50 мА	0,1	0,01	-60	0,100
1 А	16 Гц – 850 Гц	-80	30 мА	0,01	0,003	-60	0,100
	850 Гц – 6 кГц	-60	100 мА	0,1	0,01	-60	0,100
2 А	16 Гц – 850 Гц	-80	60 мА	0,01	0,003	-65	0,056
	850 Гц – 6 кГц	-60	200 мА	0,1	0,01	-65	0,056
5 А	16 Гц – 850 Гц	-80	150 мА	0,01	0,003	-65	0,056
	850 Гц – 6 кГц	-60	500 мА	0,1	0,01	-65	0,056
10 А	16 Гц – 850 Гц	-80	300 мА (мкА)	0,01	0,003	-50	0,316
	850 Гц – 6 кГц	-60	1,0 мА	0,1	0,01	-50	0,316
21А	16 Гц – 850 Гц	-80	600 мА	0,01	0,003	-50	0,316
	850 Гц – 6 кГц	-60	2,0 мА	0,1	0,01	-50	0,316
50А	16 Гц – 850 Гц	-80	2,0 мА	0,01	0,003	-50	0,316
	850 Гц – 6 кГц	-60	5,0 мА	0,1	0,01	-50	0,316
80А	16 Гц – 850 Гц	-80	2,4 мА	0,1	0,003	-70	0,032
	850 Гц – 3 кГц	-60	8,0 мА	0,1	0,01	-70	0,032

[1] нелинейные искажения, выраженные в дБ, линейно возрастают между 850 Гц и 6 кГц.

1-30. Напряжение на токовых клеммах

1-31. Предельные значения и импедансы

Предел измерения (FR)	0,25 В	1,5 В	10 В
Макс. пиковое значение ^{[1][2]}	0,353 В	2,121 В	14,14 В
Импеданс источника	1 Ω	6,67 Ω	40,02 Ω
Минимальное значение импеданса нагрузки для обеспечения указанных характеристик ^[3]	40 кΩ	260 кΩ	1,5 МΩ

[1] Эти значения относятся к синусоидальным, искаженным и модулированным сигналам.
 [2] Фазовый сдвиг гармонического сигнала существенно влияет на пиковое значение несинусоидального сигнала.
 [3] Если нагрузка меньше указанной, необходимо рассчитать ошибку, исходя из параллельного подключения источника и нагрузки.

1-32. Характеристики для синусоидального сигнала

Диапазон	Частота	Выходной поддиапазон ^[3]	6105А и 6106А, 1-годичная точность, tcal ^[4] ±5 °С ±(ppm выходного значения + μV)		6100А и 6101А, 1-годичная точность, tcal ^[4] ±5 °С ±(ppm выходного значения + μV)		24-часовая стабильность с открытым контуром ±(ppm выходного значения + μV) ^{[1][2]}	
0,05 В - 0,25 В	45 Гц – 65 Гц	0,1 В - 0,25 В	73	10	200	10	90	15
	16 Гц – 850 Гц	0,05 В - 0,25 В	82	10	200	10	90	15
0,15 В - 1,5 В	45 Гц – 65 Гц	0,6 В - 1,5 В	53	50	200	50	75	25
	16 Гц – 850 Гц	0,6 В - 1,5 В	66	50	200	50	75	25
1 В - 10 В	45 Гц – 65 Гц	4 В - 10 В	52	200	200	200	75	150
	16 Гц – 850 Гц	4 В - 10 В	66	200	200	200	75	150

[1] Для ±1 °С и постоянных нагрузке и подключениях.
 [2] Если используется любая функция из следующих: фликер, флуктуирующие гармоники, провалы/выбросы или интергармоники, то характеристики стабильности с открытым контуром необходимо добавить к 1-годовым характеристикам погрешности, как указано в разделе "Работа с открытым и замкнутым контуром".
 [3] Выходные уровни, меньшие, чем меньшая граница диапазона, могут быть заданы, но не указаны.
 [4] tcal = температура последней калибровки

1-33. Амплитудные характеристики напряжения постоянного и синусоидального тока

Диапазон	Выходное значение ^{[4][5]}	Частота	6105A и 6106A, 1-годичная точность, tcal ^[4] ±5 °C ±(ppm выходного значения + μV) ^[5]		6100B и 6101B 1-годичная погрешность, tcal ^[4] ±5 °C ±(ppm выходного значения + μV) ^[5]		24-часовая стабильность с открытым контуром ±(ppm выходного значения + μV) в час ^{[2][3]}	
0,05 В - 0,25 В	0 В - 0,125 В	Постоянный ток	91	35	200	35	100	15
	0 В - 0,075 В	16 Гц – 850 Гц 850 Гц – 6 кГц	82 400	10 30	200 1000	10 30	60 150	15 15
0,15 В - 1,5 В	0 В - 0,75 В	Постоянный ток	93	210	200	210	100	75
	0 В - 0,45 В	16 Гц – 850 Гц 850 Гц – 6 кГц	66 400	35 50	200 1000	50 50	50 150	25 25
1 В - 10 В	0 В - 5 В	Постоянный ток	93	1000	200	1000	100	450
	0 В - 3 В	16 Гц – 850 Гц 850 Гц – 6 кГц	65 400	200 300	200 1000	200 300	50 150	150 150

[1] tcal = температура последней калибровки
 [2] Для ±1 °C и постоянных нагрузке и подключениях.
 [3] Если используется любая функция из следующих: фликер, флуктуирующие гармоники, провалы/выбросы или интергармоники, то характеристики стабильности с открытым контуром необходимо добавить к 1-годовым характеристикам погрешности, как указано в разделе "Работа с открытым и замкнутым контуром".
 [4] Эти характеристики применимы, только если комбинированное эффективное напряжение на выходе превышает нижнюю границу диапазона. Если комбинированное значение на выходе менее нижней границы диапазона, то выходные параметры не указываются.
 [5] Максимальное значение для единичной гармоники (со 2-й по 100-ю) ниже 2850 Гц составляет 30 % диапазона. См. раздел "Пределы по амплитуде/частоте" для профилей выше 2850 Гц.

1-34. Искажения напряжения и шумы напряжения на токовых клеммах

Диапазон и частота		Максимальные нелинейные искажения ^[1] Либо				Уровень негармонических шумов (по отношению к полному диапазону)	
Полный диапазон	Частота	максимальное значение из		или максимальное значение из		16 Гц - 4 МГц	
		дБ	Вольты	% уставки	% диапазона	дБ	%
0,25 В	16 Гц – 850 Гц	-80	2,5 μV	0,010	0,001	-50	0,316
	850 Гц – 6 кГц	-60	25 μV	0,100	0,01	-50	0,316
1,5 В	16 Гц – 850 Гц	-80	15 μV	0,010	0,001	-60	0,100
	850 Гц – 6 кГц	-60	150 μV	0,100	0,01	-60	0,100
10 В	16 Гц – 850 Гц	-80	100 μV	0,010	0,001	-60	0,100
	850 Гц – 6 кГц	-60	1 мВ	0,100	0,01	-60	0,100

[1] нелинейные искажения в дБ линейно возрастают между 50 Гц и 6 кГц.

1-35. Фазовый сдвиг между током и напряжением

Для напряжения на токовых клеммах используются фазовые характеристики для диапазона 0,25 А - 21 А.

Для всех диапазонов напряжений (23 В - 1008 В)		6105А / 6106А, компоненты напряжения и тока >40 % диапазона		6100В / 6101В, компоненты напряжения и тока >40 % диапазона		Компоненты напряжения или тока 0,5 % - 40 % диапазона [5]	
Диапазон изменения тока	Частота	1-годовая погрешность, tcal [4] ±5 °С [1][2]	24-часовая стабильность с открытым контуром [2][3]	1-годовая погрешность, tcal [4] ±5 °С [1][2]	24-часовая стабильность с открытым контуром [2][3]	1-годовая погрешность, tcal ±5 °С [1][2]	24-часовая стабильность с открытым контуром [2][3]
0,25 А - 21 А	45 Гц – 65 Гц	0,0023 °	0,0002 °	0,003 °	0,0002 °	0,010 °	0,001 °
	16 Гц – 69 Гц	0,003 °	0,0002 °	0,003 °	0,0002 °	0,010 °	0,001 °
	69 Гц – 180 Гц	0,007 °	0,0002 °	0,009 °	0,0002 °	0,017 °	0,002 °
	180 Гц – 450 Гц	0,018 °	0,0005 °	0,023 °	0,0005 °	0,050 °	0,005 °
	450 Гц – 850 Гц	0,033 °	0,0008 °	0,043 °	0,0008 °	0,070 °	0,007 °
	850 Гц – 3 кГц	0,115 °	0,0010 °	0,150 °	0,0010 °	0,200 °	0,020 °
	3 кГц – 6 кГц	0,230 °	0,0010 °	0,300 °	0,0010 °	0,450 °	0,045 °
21 А - 50 А	45 Гц – 65 Гц	0,0023 °	0,0002 °	0,004 °	0,0003 °	0,010 °	0,001 °
	16 Гц – 69 Гц	0,003 °	0,0003 °	0,004 °	0,0003 °	0,010 °	0,001 °
	69 Гц – 180 Гц	0,007 °	0,0003 °	0,012 °	0,0003 °	0,017 °	0,002 °
	180 Гц – 450 Гц	0,018 °	0,0005 °	0,030 °	0,0005 °	0,050 °	0,005 °
	450 Гц – 850 Гц	0,033 °	0,0010 °	0,050 °	0,0010 °	0,070 °	0,007 °
	850 Гц – 3 кГц	0,115 °	0,0015 °	0,200 °	0,0015 °	0,200 °	0,020 °
	3 кГц – 6 кГц	0,230 °	0,0025 °	0,300 °	0,0025 °	0,450 °	0,045 °
20 А - 80 А	45 Гц – 65 Гц	0,003 °	0,0002 °	0,004 °	0,0005 °	0,010 °	0,001 °
	16 Гц – 69 Гц	0,003 °	0,0005 °	0,004 °	0,0005 °	0,016 °	0,002 °
	69 Гц – 180 Гц	0,008 °	0,0005 °	0,012 °	0,0005 °	0,028 °	0,003 °
	180 Гц – 450 Гц	0,025 °	0,0010 °	0,030 °	0,0010 °	0,080 °	0,008 °
	450 Гц – 850 Гц	0,050 °	0,0015 °	0,050 °	0,0015 °	0,100 °	0,010 °
	850 Гц – 3 кГц	0,250 °	0,0025 °	0,200 °	0,0025 °	0,300 °	0,030 °

[1] Погрешности фазового сдвига по току относятся к каналу напряжения на той же фазе. Например, ток на L2 соответствует напряжению на L2.
 [2] Вклад фазового угла в погрешность мощности зависит от заданного фазового угла, см. следующий раздел "Характеристики мощности".
 [3] При постоянных нагрузке и подключениях.
 [4] tcal = температура последней калибровки
 [5] Фазовые характеристики при значениях менее 0,5 % полного диапазона ухудшаются по мере приближения компонентов на выходе к пределу разрешения для цифровой системы обратной связи.

1-36. Многофазный режим работы

1-37. Фазовый сдвиг между напряжениями

Для всех диапазонов напряжений (23 В - 1008 В)	6105А / 6106А, компоненты напряжения и тока >40 % диапазона		6100В / 6101В, компоненты напряжения и тока >40 % диапазона		Компоненты напряжения или тока 0,5 % - 40 % диапазона ^[5]	
	Частота	1-годовая погрешность, tcal ^[4] ±5 °С ^{[1][2]}	Стабильность в течение часа ^{[2][3]}	1-годовая погрешность, tcal ^[4] ±5 °С ^{[1][2]}	Стабильность в течение часа ^{[2][3]}	1-годовая погрешность, tcal ±5 °С ^{[1][2]}
16 Гц – 69 Гц	0,005 °	0,0002 °	0,005 °	0,0002 °	0,010 °	0,001 °
69 Гц – 180 Гц	0,007 °	0,0002 °	0,007 °	0,0002 °	0,017 °	0,002 °
180 Гц – 450 Гц	0,025 °	0,0005 °	0,025 °	0,0005 °	0,050 °	0,005 °
450 Гц – 850 Гц	0,043 °	0,0008 °	0,050 °	0,0008 °	0,070 °	0,007 °
850 Гц – 3 кГц	0,150 °	0,0010 °	0,170 °	0,0010 °	0,200 °	0,020 °
3 кГц - 6 кГц	0,300 °	0,0010 °	0,350 °	0,0015 °	0,450 °	0,045 °

[1] Погрешности фазового сдвига по току относятся к каналу напряжения на той же фазе. Например, ток на L2 соответствует напряжению на L2.

[2] Вклад фазового угла в погрешность мощности зависит от заданного фазового угла, см. следующий раздел "Характеристики мощности".

[3] При постоянных нагрузке и подключениях.

[4] tcal = температура последней калибровки

[5] Фазовые характеристики при значениях менее 0,5 % полного диапазона ухудшаются по мере приближения компонентов на выходе к пределу разрешения для цифровой системы обратной связи.

1-38. Энергетические характеристики

1-39. Импульсные входы

Макс. частота	5 МГц (100 Гц для входов с противодребезговой защитой)
Минимальная ширина импульса	100 нс
Максимальное число отсчетов на канал	232-1 (4,294,967,295)

1-40. Импульсные и стробированные входы

Макс. входной нижний уровень	1 В
Мин. входной верхний уровень	3 В
Значения внутреннего сопротивления нагрузки	135 Ω и 940 Ω для номинала 4,5 В (приблизительно эквивалентно 150 Ω/1к Ω для номинала 5 В)
Макс. входное напряжение	28 В (блокировка на прибл. 30 В) ^[1]
Мин. входное напряжение	0 В (блокировка на прибл. -0,5 В) ^[1]

1-41. Импульсный выход

Схема управления	Открытый коллектор с опциональным внутренним сопротивлением 470 Ω
Частотный диапазон	1 мГц – 5 мГц
Погрешность частоты	± (10 ppm + 100 нГц)
Напряжение на внешнем сопротивлении нагрузки	30 В Макс. (блокировка) ^[1]
Втекающий ток	150 мА макс.

1-42. Выход строб-импульса

Схема управления	С открытым коллектором
Внутреннее сопротивление	Как и на стробированном входе
Напряжение на внешнем сопротивлении нагрузки	30 В Макс. (блокировка) ^[1]
Втекающий ток	1 А Макс.

[1] Защита на входе/выходе: 30 В / -0,5 В (приблизительно) фиксированная, до 120 мА на каждый сигнал или 300 мА максимум суммарно на все сигналы.

1-43. Погрешность

Точность синхронизации подсчет/время	$\pm (10 \text{ ppm} + 100 \text{ нс})$ ^[2]
Погрешность в ждущем режиме	$\pm (10 \text{ ppm} + 100 \text{ нс})$ ^[2]
Погрешность в пакетном режиме (ppm) ^[3]	$\pm (\text{выходная мощность (ppm)} + 10 \text{ ppm} + 110000/\text{Продолжительность измерения (с)})$
<p>[2] Погрешность зависит от временного периода между подачей мощности (нажатием клавиши OPER) и строб-импульсом, который становится активным, если превышает 2 секунды.</p> <p>[3] Не применяется, если включен режим "Плавный пуск".</p>	

1-44. Продолжительность измерения

Максимальная продолжительность измерения	1000 часов
--	------------

1-45. Характеристики мощности

Характеристики мощности, приведенные ниже для примера, справедливы только для эффективных среднеквадратичных значений, превосходящих 40 % диапазона по напряжению и току и для частот менее 450 Гц. Они не применимы, если на каналах напряжения или тока прибора 6100В применены любые из функций: фликер, флуктуирующие гармоники, провалы/выбросы или интергармоники.

1-46. Погрешность мощности для синусоидального тока для моделей 6105А и 6106А при частотах от 45 Гц до 65 Гц; фактор мощности 1,0 (ppm) ^[1]

Ток	Мощность при значении тока 90 % диапазона			Мощность при значении тока 50 % диапазона		
	Напряжение в пределах от 62 % до 70 % диапазона		Диапазоны 650 В и 1008 В; от 70 % до 75 %	Напряжение от 7 % до 100 % диапазона		Диапазоны 650 В и 1008 В; от 70 % до 75 %
	от 23 В до 90 В	180 В и 360 В		от 23 В до 90 В	180 В и 360 В	
от 0 А до 2 А	62	64	64	72	74	74
от 5 А до 50 А	65	66	66	74	75	75
80 А	147	148	148	181	181	181

[1] Для характеристик энергии добавить 1 ppm
Примечание: 100 ppm = 0,01 %

1-47. Погрешность мощности для синусоидального тока для моделей 6105А и 6106А при частотах от 45 Гц до 65 Гц; фактор мощности 0,5 (ppm) ^[1]

Ток	Мощность при значении тока 90 % диапазона			Мощность при значении тока 50 % диапазона		
	Напряжение в пределах от 62 % до 70 % диапазона		Диапазоны 650 В и 1008 В; от 70 % до 75 %	Напряжение от 7 % до 100 % диапазона		Диапазоны 650 В и 1008 В; от 70 % до 75 %
	от 23 В до 90 В	180 В и 360 В		от 23 В до 90 В	180 В и 360 В	
от 0 А до 5 А	93	94	94	100	101	101
от 10 А до 50 А	95	96	96	102	102	102
80 А	163	163	163	194	194	194

[1] Для характеристик энергии добавить 1 ppm
Примечание: 100 ppm = 0,01 %

1-48. Погрешность мощности для синусоидального тока для моделей 6100В и 6101В при частотах от 45 Гц до 65 Гц; фактор мощности 1,0 (ppm)^[1]

Текущее	Мощность при значении тока 90 % диапазона		Мощность при значении тока 50 % диапазона	
	Диапазоны от 23 В до 360 В; диапазон от 62 % до 70 %	Диапазон 1008 В; от 740 В до 850 В	Диапазоны от 23 В до 360 В; диапазон от 62 % до 70 %	Диапазон 1008 В; от 740 В до 850 В
от 0 А до 2 А	236	239	252	239
от 5 А до 50 А	236	239	252	239
80А	322	339	404	417

[1] Для характеристик энергии добавить 1 ppm
Примечание: 100 ppm = 0,01 %

1-49. Погрешность мощности для синусоидального тока для моделей 6100В и 6101В при частотах от 45 Гц до 65 Гц; фактор мощности 0,5 (ppm)^[1]

Текущее	Мощность при значении тока 90 % диапазона		Мощность при значении тока 50 % диапазона	
	Диапазоны от 23 В до 360 В; диапазон от 62 % до 70 %	Диапазон 1008 В; от 740 В до 850 В	Диапазоны от 23 В до 360 В; диапазон от 62 % до 70 %	Диапазон 1008 В; от 740 В до 850 В
от 0 А до 5 А	246	249	262	249
от 10 А до 50 А	246	249	262	249
80А	329	346	409	423

[1] Для характеристик энергии добавить 1 ppm
Примечание: 100 ppm = 0,01 %

1-50. Погрешность мощности для синусоидального тока для моделей 6105А и 6106А при суммарном коэффициенте гармоник 20 % и факторе мощности 1,0 (ppm)^[1]

Погрешность зависит от порядков и амплитуд гармоник

Текущее	Мощность при значении тока 90 % диапазона			Мощность при значении тока 50 % диапазона		
	Напряжение в пределах от 62 % до 70 % диапазона			Напряжение от 7 % до 100 % диапазона		
	от 23 В до 90 В	180 В и 360 В	Диапазоны 650 В и 1008 В; от 70 % до 75 %	от 23 В до 90 В	180 В и 360 В	Диапазоны 650 В и 1008 В; от 70 % до 75 %
от 0 А до 5 А	97	98	98	103	105	105
от 10 А до 50 А	98	99	99	105	105	105
80 А	165	165	165	196	196	196

[1] Для характеристик энергии добавить 1 ppm
Примечание: 100 ppm = 0,01 %

1-51. Погрешность мощности для несинусоидального тока для моделей 6100В и 6101В при суммарном коэффициенте гармоник 20 % и факторе мощности 1,0 (ppm)^[1]

Погрешность зависит от порядков и амплитуд гармоник

Диапазон, В	Мощность при значении тока 90 % диапазона		Мощность при значении тока 50 % диапазона	
Ток	от 23 В до 360 В; Диапазон от 62 % до 70 %	Диапазон 1008 В; 740 В - 850 В	Диапазоны от 23 В до 360 В; диапазон от 62 % до 70 %	Диапазон 1008 В; от 740 В до 850 В
от 0 А до 5 А	242	255	258	255
от 10 А до 50 А	242	255	258	255
80 А	326	350	408	426

[1] Для характеристик энергии добавить 1 ppm
Примечание: 100 ppm = 0,01 %

1-52. Характеристики фликера при синусоидальном и прямоугольно модулированном напряжении и токе

Диапазон уставок	±30 % от заданного значения в пределах значений из диапазона (60 % ΔV/V)	
Погрешность глубины модуляции фликер-шума	0,025 %	
Дискретность уставки глубины модуляции	0,001 %	
Форма огибающей при модуляции	Прямоугольная, квадратная или синусоидальная	
Продолжительность включения (форма = прямоугольная)	0,01 % - 99,99 %; погрешность = ±31 мкс	
Единицы модуляции:	Частота или число изменений в минуту (СРМ)	от 0,5 Гц до 40 Гц
		от 1,0 СРМ до 4800 СРМ
Погрешность частоты модуляции ^{[1][2]}	<0,13 % (1 СРМ - 4800 СРМ)	
[1] Погрешность при прямоугольной модуляции составляет ±{(10 + 31 x частота модуляции) ppm + 10 мГц}		
[2] Погрешность при синусоидальной модуляции составляет ±(50 ppm + 10 мГц)		

Погрешность индикации P_{st} и P_{inst}

Значения P_{st} и P_{inst} принимаются согласно стандарту IEC 61000-4-15 (поправка 1). Отметим, что индикация P_{st} и P_{inst} действительна только для 230 В и 120 В, 50 Гц и 60 Гц. Значения P_{st} не применимы к каналу тока.

Уставка тока	Погрешность индикации P _{st}
220 В - 240 В	±0,25 %
115 В - 125 В	±0,25 %

Следует отметить что долговременный фликер-шум (P_{lt}) можно смоделировать либо при помощи устойчивого P_{st} на подходящем промежутке времени, либо путем изменения P_{st} и расчета P_{lt} из:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^N P_{sti}^3}{N}}$$

где P_{sti} (i=1,2,3, ...) являются различными последовательными отсчетами P_{st}. См. подробные сведения в стандарте IEC61000-4-15.

Другие режимы фликера

Имеются и другие расширенные функции фликера. Погрешность этих сигналов менее 1 %:

- Изменения частоты
- Искажения напряжения с многократными переходами через ноль
- Гармоники в боковой полосе частот
- Скачки фазы
- Изменения прямоугольного напряжения с определенной продолжительностью

1-53. Характеристики флуктуирующих гармоник

Флуктуирующие гармоники возникают на выходах напряжения и тока. Флуктуирующие гармоники недоступны в каналах напряжения или тока, если на этом канале уже применена функция фликера.

Число флуктуирующих гармоник	Может флуктуировать любое число гармоник от 0 до полного числа заданных гармоник
Диапазон уставки глубины модуляции ^[1]	0 % - 100 % от номинального гармонического напряжения
Погрешность флуктуаций (модуляция 0 % -- ±30 %)	±0,025 %
Дискретность уставки глубины модуляции	0,001 %
Форма	Прямоугольная или синусоидальная
Продолжительность включения (форма = прямоугольная)	от 0,1% до 99,99%
Диапазон частот модуляции	от 0,008 Гц до 30 Гц
Погрешность частоты синусоидальной модуляции	±(50 ppm + 10 мГц)
Погрешность частоты прямоугольной модуляции	<1300 ppm ^[2]
Дискретность установки частоты модуляции	0,001 Гц
[1] Погрешность флуктуаций не задается для глубины модуляции >±30 %.	
[2] Погрешность составляет ±{(50 + 31 x частота модуляции) ppm + 10 мГц}.	

1-54. Характеристики промежуточных гармоник

интергармоники возможны на выходах напряжения и тока

Погрешность частоты	±500 ppm
Погрешность амплитуды в диапазоне 16 Гц - 6 кГц	±1 %
Погрешность амплитуды в диапазоне > 6 кГц	4 %
Максимальная величина единичной промежуточной гармоники	Максимальная величина промежуточной гармоники на частоте <2850 Гц составляет 30 % диапазона. См. раздел "Пределы по амплитуде/частоте" для профилей выше 2850 Гц.
Диапазон частот промежуточных гармоник	От 16 Гц до 9 кГц

1-55. Характеристики провалов/выбросов

Хотя провалы и выбросы исходно связаны с напряжением, прибор 6100В предоставляет аналогичную функцию на токовых выходах.

Требования к начальному пусковому импульсу	Задний фронт ТТЛ-импульса остается низким в течение 10 мкс (мкс)
Либо: Задержка начального пускового импульса ИЛИ Синхронизация фазового угла по отношению к пересечению нуля основной гармоникой канала	0 - 60 с ±31 мкс ±180 ° ±31 мкс
Мин. продолжительность провала/выброса	1 мс
Макс. продолжительность провала/выброса	1 минута
Мин. амплитуда провала	0 % от номинала выхода
Макс. амплитуда выброса	Меньшее значение из полного диапазона и 140 % номинала выхода
Период линейного нарастания/спада	Задается в диапазоне от 100 мкс (мкс) до 30 с
Оptionальный повтор с задержкой	0 - 60 с ±31 мкс
Погрешность амплитуды начального уровня	±0,025 % от уровня
Погрешность амплитуды уровня провала/выброса [1]	±0,25 % от уровня
Задержка конечного пускового импульса	0 - 60 с ±31 мкс (мкс) от начала провала/выброса
Конечный пусковой импульс	Задний фронт ТТЛ-импульса, совпадающий с концом задержки конечного пускового импульса, остающийся малым в течение от 10 мкс (мкс) до 31 мкс (мкс)
[1] Погрешность не определена ниже 10 % начального уровня или ниже минимального значения диапазона.	

1-56. Определение амплитудных характеристик несинусоидальных сигналов

Среднеквадратичное значение суммы квадратов компонентов напряжения составляет:

$$V_{RMS}^2 = \sum_{i=1}^N V_i^2 \text{ и мы полагаем симметричными погрешности } u(V)_i \text{ для каждого } V_i.$$

Учтем, что погрешности компонентов несинусоидального напряжения (или тока) сигнала для прибора 6100В являются скоррелированными и поэтому должны складываться линейно.

$$(V_{RMS} + u(V_{RMS}))^2 = \sum_{i=1}^N (V_i + u(V_i))^2$$

$$V_{RMS}^2 + 2V_{RMS}u(V_{RMS}) + u^2(V_{RMS}) =$$

$$V_1^2 + 2V_1u(V_1) + u^2(V_1) + V_2^2 + 2V_2u(V_2) + u^2(V_2) \dots V_n^2 + 2V_nu(V_n) + u^2(V_n)$$

$$\text{Однако } V_{RMS}^2 = \sum_{i=1}^N V_i^2$$

и, если погрешности относительно малы (как в 6100В), слагаемыми $u^2 V_i$ можно пренебречь. Тогда погрешность комбинированного сигнала определяется выражением:

$$2V_{RMS}u(V_{RMS}) = 2V_1 u(V_1) + 2V_2 u(V_2) \dots 2V_n u(V_n)$$

которое упрощается, давая u_c в виде суммарной погрешности:

$$u_c(V_{RMS}) = \sum_{i=1}^N c_i u(V_i)$$

где величины $c_i = \frac{V_i}{V_{RMS}}$ представляют собой коэффициенты чувствительности.

1-57. Пример с несинусоидальным напряжением

Сигнал с частотой 60 Гц и среднеквадратичным напряжением 110 В в диапазоне 168 В, сигнал содержит 10 % 95-й гармоники, 30 % 3-й гармоники, с остатком, содержащим основную частоту. Используя погрешности напряжения прибора 6100В из раздела "Амплитудные характеристики синусоидального напряжения" и "Характеристики постоянного и синусоидального напряжения", определим 1-годовую погрешность.

Среднеквадр.напряжение 3-й гармоники = 0,3 x 110 = 33 В

Среднеквадр.напряжение 95-й гармоники = 0,1 x 110 = 11 В

Среднеквадр.напряжение по основной частоте = $\sqrt{(110^2 - 33^2 - 11^2)} = 104,3552$ В

Вклад в погрешность от основной частоты:

112 ppm значения на выходе +4,4 мВ = $(104,3552 \times 0,000112) + 0,0044 = 0,011688 + 0,0044 = 0,016088$ В

С поправкой на коэффициент чувствительности = $0,016088 \times 104,3552 \div 110 = 0,015262$ В

Вклад в погрешность от 3-й гармоники (180 Гц):

122 ppm значения 3-й гармоники +4,4 мВ = $(0,000122 \times 33) + 0,0044 = 0,008426$ В

С поправкой на коэффициент чувствительности = $0,008426 \times 33 \div 110 = 0,002528$ В

Вклад в погрешность от 95-й гармоники (5700 Гц):

512 ppm значения 95-й гармоники + 4,4 мВ = $(0,000512 \times 11) + 0,0044 = 0,010032$ В

С поправкой на коэффициент чувствительности = $0,010032 \times 11 \div 110 = 0,001003$ В

Общая погрешность:

Общая погрешность амплитуды = $0,015262 + 0,002528 + 0,010032 = 0,018793$ В

Напряжение и его погрешность = $110 \pm 0,018793$ В

1-58. Расчет погрешности кажущейся мощности (S)

Для расчета погрешности кажущейся мощности (S) для несинусоидального выходного сигнала используются следующие уравнения:

$$S = \sqrt{\sum_n V_n^2 \sum_n I_n^2} \text{ VA}$$

Для расчета погрешности кажущейся мощности (S), характеристики погрешности амплитуд гармонических компонент напряжения необходимо использовать, как указано выше в разделе "Определение амплитудных характеристик несинусоидальных сигналов". Тот же метод используется для компонент тока. Поскольку кажущаяся мощность является произведением двух разных величин, то погрешность вычисляется соответствующим образом из относительных погрешностей. Следует отметить, что компоненты напряжения и тока в приборе 6100В генерируются независимо, поэтому являются нескоррелированными.

Поскольку $S^2 = V_{RMS}^2 \cdot I_{RMS}^2$;

$$\frac{u_c^2(S)}{S^2} = \left[\frac{u(V_{RMS})}{V_{RMS}} \right]^2 + \left[\frac{u(I_{RMS})}{I_{RMS}} \right]^2$$

где $u_c(S)$ представляет собой общую погрешность кажущейся мощности,

$u(V_{RMS})$ - погрешность среднеквадратичного напряжения, и

$u(I_{RMS})$ - погрешность среднеквадратичного тока

1-59. Пример расчета кажущейся мощности

На выходе канала напряжения имеем 109 В в диапазоне 1 В при частоте 60 Гц. Добавлена 3^{-я} гармоника 15 В. На выходе канала тока имеем 7 А при 60 Гц в диапазоне 10 А с 3-й и 5-й гармониками с силой тока 0,7 А и 0,3 А соответственно. Для расчета кажущейся мощности фазовые углы несут незначительны. Значения погрешности напряжения приводятся в разделе "Амплитудные характеристики синусоидального напряжения" и "Характеристики постоянного и синусоидального напряжения", значения погрешности тока приводятся в разделе "Амплитудные характеристики синусоидального тока" и "Амплитудные характеристики постоянного и синусоидального тока". Используемые значения погрешностей относятся к модели 6100В.

$$\text{Среднеквадратичное значение напряжения } \sqrt{109^2 + 15^2} = 110.02727 \text{ В}$$

Вклад в погрешность от основной частоты напряжения:

$$112 \text{ ppm от } 109 \text{ В} + 4,4 \text{ мВ} = (109 \times 0,000112) + 0,0044 = 0,012208 + 0,0044 = 0,016608 \text{ В}$$

$$\text{С поправкой на коэффициент чувствительности} = 0,016608 \times 109 \div 110,02727 = 0,016453 \text{ В}$$

Вклад в погрешность от 3^{-й} гармоники напряжения:

$$122 \text{ ppm от } 15 \text{ В} + 4,4 \text{ мВ} = (15 \times 0,000112) + 0,0044 = 0,01830 + 0,0044 = 0,006230 \text{ В}$$

$$\text{С поправкой на коэффициент чувствительности} = 0,006230 \times 15 \div 110,02727 = 0,000849 \text{ В}$$

Общая погрешность напряжения:

$$\frac{u(V_{RMS})}{V_{RMS}} = \frac{0.016453 + 0.000849}{110.02727} = 0.000157 \text{ (или } 157 \text{ ppm)}.$$

$$\text{Среднеквадратичное значение тока } \sqrt{7^2 + 0.7^2 + 0.3^2} = 7.041307$$

Вклад в погрешность от основной частоты тока:

$$164 \text{ ppm от } 7 \text{ А} + 240 \text{ мА} = (7 \times 0,000164) + 0,000240 = 0,001148 + 0,000240 = 0,001388$$

$$\text{С поправкой на коэффициент чувствительности} = 0,001388 \times 7 \div 7,041307 = 0,001380 \text{ А}$$

Вклад в погрешность от 3-й гармоники тока:

$$191 \text{ ppm от } 0,7 \text{ А} + 240 \text{ мА} = (0,7 \times 0,000191) + 0,000240 = 0,000134 + 0,000240 = 0,000374$$

$$\text{С поправкой на коэффициент чувствительности} = 0,000374 \times 0,7 \div 7,041307 = 0,000037 \text{ А}$$

Вклад в погрешность от 5-й гармоники тока:

$$191 \text{ ppm от } 0,3 \text{ А} + 240 \text{ мА} = (0,3 \times 0,000191) + 0,000240 = 0,000058 + 0,000240 = 0,000297$$

$$\text{С поправкой на коэффициент чувствительности} = 0,000297 \times 0,3 \div 7,041307 = 0,000013 \text{ А}$$

Общая погрешность тока:

$$\frac{u(I_{RMS})}{I_{RMS}} = \frac{0.001388 + 0.000037 + 0.000013}{7.041307} = 0.000204 \text{ (или } 204 \text{ ppm)}.$$

$$\text{Теперь } S^2 = V_{RMS}^2 \cdot I_{RMS}^2 = 110.02727 \times 7.041307 = 774.7358 \text{ ВА}$$

Погрешность для кажущейся мощности:

$$\frac{u(S)}{S} = \sqrt{\left[\frac{u(V_{RMS})}{V_{RMS}}\right]^2 + \left[\frac{u(I_{RMS})}{I_{RMS}}\right]^2} = \sqrt{0.000157^2 + 0.000204^2} = 0.0002574$$

что дает:

$$u_c(S) = 0.0002574 \times 774.735748 = 0.1994 \text{ ВА}$$

Окончательно для кажущейся мощности и погрешности имеем: 774,7358±0,1994 ВА

1-60. Расчет погрешности мощности (P)

Действительная мощность представляет собой сумму произведений напряжения, тока и фазового множителя для каждой гармоники.

$$P = \sum V_n I_n \cos \Phi_n \text{ Ватт}$$

где n - порядок гармоники.

В расчетах погрешности мощности используется та же техника, что и ранее. Для расчета погрешности нескоррелированных компонентов напряжения, тока и фазового множителя берется среднеквадратичное значение (квадратный корень из суммы квадратов) по каждой частоте.

$$\frac{u^2(P_f)}{P_f^2} = \left[\frac{u(V_f)}{V_f} \right]^2 + \left[\frac{u(I_f)}{I_f} \right]^2 + [u(\text{phase}_f)]^2$$

где $u(x)$ - погрешность компонента x , а phase - фазовый сдвиг между током и напряжением на частоте f . Проще всего выразить каждый из этих вкладов через ppm.

Вклад в погрешность, даваемый фазовым сдвигом, зависит от угла следующим образом.

$$u(\text{phase}) = 1 - \frac{\cos(\Phi + u(\phi))}{\cos \Phi}$$

где Φ обозначает величину фазового сдвига, а $u(\phi)$ - ее погрешность.

Тогда погрешности мощности по каждой частоте, модифицированные посредством соответствующего коэффициента чувствительности c_i , линейно складываются, давая суммарную погрешность u_c (сумма является линейной, поскольку компоненты напряжения скоррелированы, что справедливо также и для тока и фазы).

$$u_c(P) = \sum_{i=1}^N c_i u(P_i)$$

1-61. Пример расчета для мощности

На выходе канала напряжения имеем 109 В в диапазоне 180 В при частоте 60 Гц с 3-й гармоникой 15 В. Напряжение 3-й гармоники имеет фазовый сдвиг 0° по отношению к основной гармонике напряжения.

На выходе канала тока имеем 7 А в диапазоне 10 А при 60 Гц с 3-й и 5-й гармониками с силой тока 0,7 А и 0,3 А соответственно. Фазовый сдвиг между основной гармоникой тока и основной гармоникой напряжения составляет 12° . 3-я гармоника тока имеет фазовый сдвиг $+25^\circ$ по отношению к основной гармонике тока, например, фазовый сдвиг между 3-й гармоникой тока и 3-й гармоникой напряжения составляет $25^\circ + (3 \times 12^\circ) = 61^\circ$. Поскольку для 5-й гармоники тока нет соответствующей 5-й гармоники напряжения, то 5-я гармоника не дает и вклада в мощность.

Значения погрешности напряжения приводятся в разделе "Амплитудные характеристики синусоидального напряжения" и "Характеристики постоянного и синусоидального напряжения", значения погрешности тока приводятся в разделе "Амплитудные характеристики синусоидального тока" и "Амплитудные характеристики постоянного и синусоидального тока". Значения погрешности фаз приводятся в разделе "Фазовый сдвиг между током и напряжением". Используемые значения погрешностей относятся к модели 6100В.

Переведа все величины в ppm, имеем для вклада в погрешность на основной частоте

$$u(V_1) = 112 \text{ ppm} + \frac{0.0044 \text{ V} \times 10^6}{109 \text{ V}} = 152 \text{ ppm}$$

$$u(I_1) = 164 \text{ ppm} + \frac{0.00024 \text{ A} \times 10^6}{7 \text{ A}} = 198 \text{ ppm}$$

$$u(\text{phase}_1) = \left(1 - \frac{\cos(12 + 0.003)}{\cos(12)} \right) \times 1e6 = 11 \text{ ppm}$$

Полная погрешность для компонентов на основной частоте составляет:

$$u(P_1) = \sqrt{152^2 + 198^2 + 11^2} = 250 \text{ ppm}$$

Мощность на основной частоте:

$$P_1 = V_1 I_1 \cos \Phi_1 = 109 \times 7 \times 0.9781476 = 746.3266 \text{ Watts} \text{ поэтому:}$$

$$u(P_1) = 250 \times 10^{-6} \times 746.3266 = 0.1866 \text{ Watts}$$

Вклад в погрешность для 3-й гармоники

$$u(V_3) = 122 \text{ ppm} + \frac{0.0044 \text{ V} \times 10^6}{15 \text{ V}} = 415 \text{ ppm}$$

$$u(I_3) = 191 \text{ ppm} + \frac{0.00024 \text{ A} \times 10^6}{0.7 \text{ A}} = 534 \text{ ppm}$$

$$u(\text{phase}_3) = \left(1 - \frac{\cos(61 + 0.009)}{\cos(61)} \right) \times 1e6 = 283 \text{ ppm}$$

Полная погрешность для компонентов на 3-й гармонике:

$$u(P_3) = \sqrt{415^2 + 534^2 + 283^2} = 733 \text{ ppm}$$

Мощность на 3-й гармонике:

$$P_3 = V_3 I_3 \cos \Phi_3 = 15 \times 0.7 \times 0.484810 = 5.0905 \text{ Watts}$$
 поэтому:

$$u(P_3) = 733 \times 10^{-6} \times 5.0905 = 0.003732 \text{ Watts}$$

Полная мощность $P = P_1 + P_3 = 746.3266 + 5.0905 = 751.4171$ Ватт

Из:

$$u_c(P) = \sum_{i=1}^N c_i u(P_i)$$

$$u_c(P) = \frac{746.3266}{751.4171} \times 0.1866 + \frac{5.0905}{751.4171} \times 0.003731 = 0.1854 \text{ Watts}$$

$Power \text{ Accuracy} = 751.4171 \pm 0.1854 \text{ Watts}$

Способы расчета реактивной мощности

При чисто синусоидальном сигнале кажущаяся мощность (S), мощность (P) и реактивная мощность (Q) связаны соотношением:

$S^2 = P^2 + Q^2$. Это соотношение называется "треугольник мощностей". Если напряжение или ток не синусоидальны, уравнение не соответствует этому треугольнику. Этим вызван ряд попыток более адекватно определить реактивную мощность (Q), но ни одно из определений не было принято. Сложность в том, что Q используется в ряде различных расчетов, в том числе для расчетов эффективности линий электропередач и падения напряжения на линии. На приборе 6100B можно выбрать определение, наилучшим образом соответствующее производственным потребностям. Поддерживаются следующие методы.

Budeanu	Fryze
Kusters and Moore	Shepherd and Zakikhani
Sharon / Czarnecki	IEEE working group

Ввиду сложности вопроса, определения этих методов выходят за пределы данного документа. В справочных целях приводятся ссылки на соответствующие документы

Реактивная мощность

Для реактивной мощности (Q) вычисляем $u \phi(Q)$ из

$$u(Q) = \left(1 - \frac{\sin(\Phi + u(\phi))}{\sin(\Phi)} \right)$$

Метод расчета реактивной мощности для несинусоидального сигнала выбирается пользователем.