

Усилители мощности компании ICEpower: качество класса АВ и экономичность класса D. Часть 1

Александр КАЗАКЕВИЧ
kaz@efo.ru

Усилители мощности классов А и АВ традиционно считаются предпочтительными, когда основной задачей является высокое качество воспроизведения звука. Тем не менее постоянное совершенствование усилителей класса D позволило к настоящему времени достичь качества звучания, сопоставимого с классами А и АВ. Цель цикла статей — знакомство читателя с продукцией компании ICEpower, являющейся лидером в разработке и производстве звуковых усилителей мощности класса D.

Введение

Компания ICEpower была основана в 1999 году Карстеном Нильсеном (Karsten Nielsen) как совместное предприятие с широко известным производителем аудиовидеоаппаратуры — фирмой Bang & Olufsen. Сегодня это динамично развивающаяся компания, являющаяся лидером в разработке аудиоусилителей класса D.

В основу первых образцов усилителей ICEpower были положены результаты докторской диссертации Карстена Нильсена. В дальнейшем качество преобразования и воспроизведения звука аппаратурой ICEpower только улучшалось и совершенствовалось. На сегодня бренд ICEpower хорошо известен во всем мире, в том числе и в России.

Штаб-квартира фирмы расположена в пригороде Копенгагена (Дания). В штате компании насчитывается около пятидесяти сотрудников, большинство из которых непосредственно связаны с инженерными исследованиями и участвуют в разработке новых решений. Высокое качество, высокая плотность передачи акустической энергии и высокая энергоэффективность — три составляющих успеха ICEpower на рынке. За счет этих преимуществ компания успешно разрушает существующие стереотипы в сфере высококачественного воспроизведения звука и успешно идет вперед по пути последовательного упрощения топологии всего тракта передачи звука, а также миниатюризации получаемых законченных решений.

Основой усилителей ICEpower является аналого-цифровое ядро собственной разработки, выполненное в форм-факторе отдель-

ной микросхемы. Компания имеет десятки патентов на оригинальные решения в области обработки аудиосигнала.

Усилители компании ICEpower отличаются наивысшим в отрасли качеством воспроизведения звука, эффективностью (КПД) и удельной мощностью.

Продукция ICEpower отлично зарекомендовала себя во множестве проектов. За 13 лет работы 70 клиентам отгружено более 100 миллионов единиц продукции в пересчете на один канал усилителя. Клиентами и партнерами ICEpower являются такие известные компании, как Bang & Olufsen, Asus, Bowers & Wilkins, Pioneer, Alpine, Samsung и Audi.

Технологии

Отличием компании ICEpower является новаторский подход к разработке усилителей класса D. В этих усилителях производится обработка аналогового сигнала, отсюда название технологии ICEpower — «аналого-

вый класс D» (analogue Class D) или «аналоговое переключение» (analogue switching). В отличие от обычной техники получения ШИМ-сигнала при помощи генератора треугольных импульсов в технологии ICEpower используется автогенератор, охваченный множеством обратных связей, что обеспечивает стабильно высокое качество звука вне зависимости от нагрузки. Ключевые технологии ICEpower — COM и MECC.

COM (Controlled Oscillating Modulator) — управляемый модулятор на основе автогенератора (рис. 1). Это система, охваченная обратной связью. COM подавляет нелинейность выходного каскада, обеспечивая высокий уровень подавления помехи по линии питания — 60 дБ в сравнении с 0 дБ у классического усилителя класса D. Принцип COM дает возможность изящной инженерной реализации, поскольку модуляция и управление объединены в одном модуле.

MECC (Multivariable Enhanced Cascade Control) — оптимизированные структуры с многоконтурным управлением, которые

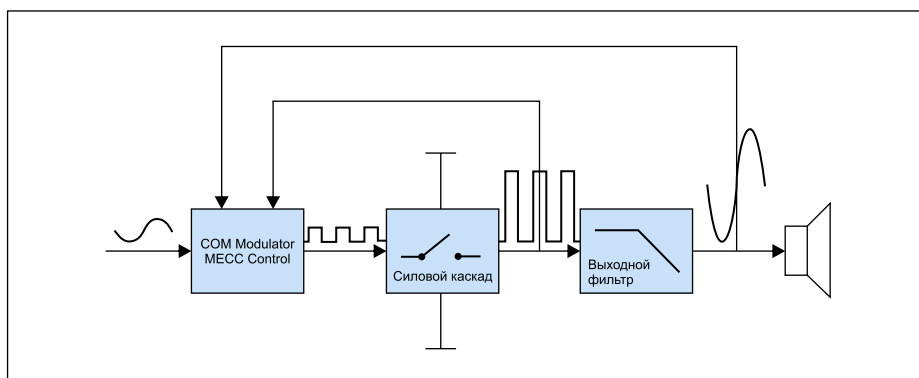


Рис. 1. Структура усилителя ICEpower

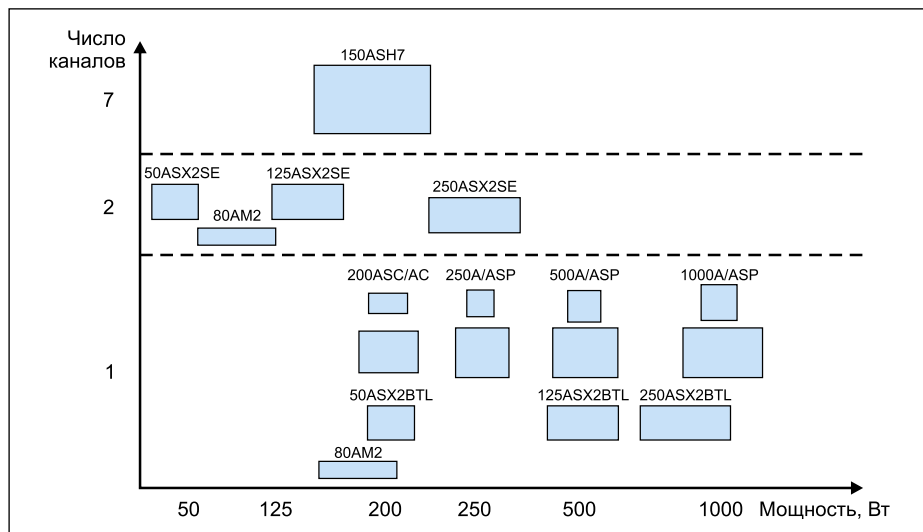


Рис. 2. Продукция компании ICEpower

характеризуются наличием обратной связи после выходного фильтра для компенсации его нелинейности. При этом внутренние обратные связи призваны компенсировать погрешности, создаваемые модулятором и выходными транзисторными каскадами. Включение в систему обратной связи непосредственно выхода усилителя (после фильтра) обеспечивает чрезвычайно низкий выходной импеданс и приводит, в частности, к точной проработке низких частот, лучшей, чем в классе АВ. Более подробно об упомянутых технологиях можно узнать из [1].

В большинстве случаев усилители ICEpower интегрируются с импульсным источником питания (ИИП). Как известно, источник питания оказывает значительное влияние на работу усилителя. ИИП ICEpower создан для оптимизации работы источника питания совместно с усилителем. Таким образом, снимается ряд проблем, связанных с выбором или разработкой подсистемы питания.

Кроме упомянутых ключевых технологий ICEpower, в поле зрения компании находятся цифровая обработка звуковых сигналов, разработка алгоритмов обработки, акустический дизайн и оптимизация, системная интеграция.

Продукция

Компания ICEpower выпускает законченные модули мощных высококачественных усилителей звука класса D, созданных на основе оригинальной, новаторской технологии обработки звукового сигнала. Усилители выполнены в форм-факторе законченных печатных плат. Типовая плата усилителя включает специализированный процессор в виде интегральной микросхемы, разработанной компанией ICEpower, силовые ключи, конденсаторы, фильтры и другие дискретные компоненты, а также собственный источник

питания. Компания выпускает усилители с различным числом каналов и широким диапазоном выходной мощности.

Усилители ICEpower характеризуются исключительным качеством и верностью звуковоспроизведения, высокими значениями удельной мощности и КПД, а также малыми габаритами и массой. Это определяет их повсеместное использование в области профессионального звука и в потребительском Hi-Fi сегменте во всем мире. Особенностью продукции ICEpower является размещение на плате усилителя собственного сетевого источника питания 220 В.

Номенклатура выпускаемых ICEpower изделий позволяет разработчику или системному интегратору быстро получить конечное решение с необходимым числом каналов усиления и требуемой выходной мощностью (рис. 2), с мостовой или полумостовой конфигурацией выходных каскадов. Отдельной группой продукции компании ICEpower является миниатюрная микросхема в корпусе μ CSP — законченный Hi-Fi стереофонический усилитель звука $2 \times 0,9$ Вт для применения в портативных и мобильных устройствах.

Семейства выпускаемых ICEpower усилителей оптимизированы для определенного круга конечных изделий. Серии А и ASP будут отличным выбором для построения мощных усилителей или активной акустики для концертных залов. Серия ASX2 оптимальна для стереофонических усилителей в потребительском сегменте Hi-Fi аудиотехники. Усилители серий 150ASH7 и ICEmatch подойдут для домашнего кинотеатра и других многоканальных решений.

Далее мы более подробно расскажем об усилителях серий А и ASP, а также серии ASC.

Серии А и ASP

Высокая надежность работы и стойкость к механическим и вибрационным воздействиям в сочетании с большой выходной



Рис. 3. Усилители серии А

мощностью выгодно отличают усилители этого семейства на рынке высококачественного звуковоспроизведения. Изделия серии А и ASP предназначены, прежде всего, для построения мощных высококачественных аудиосистем, в том числе и для автомобильного рынка.

Серия А включает высококачественные усилители класса D мощностью 250, 500 и 1000 Вт (рис. 3). Модули серии А требуют питания ± 12 В, а также питания выходного каскада (табл. 1).

Таблица 1. Диапазон напряжения питания выходного каскада

Усилитель	Напряжение, В
250A	29–50
500A	42–80
1000A	40–125

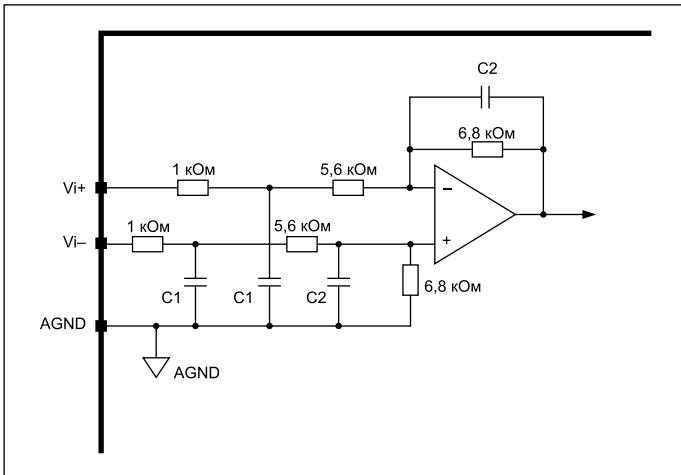


Рис. 4. Схема входных цепей усилителей серии А

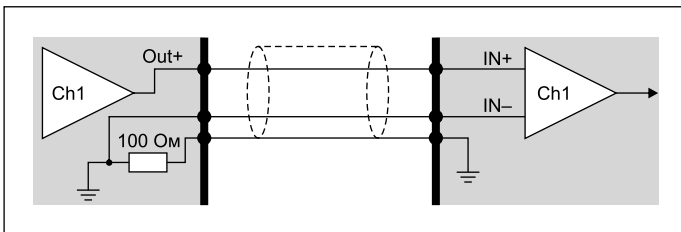


Рис. 5. Сопряжение однополярного выхода с дифференциальным входом

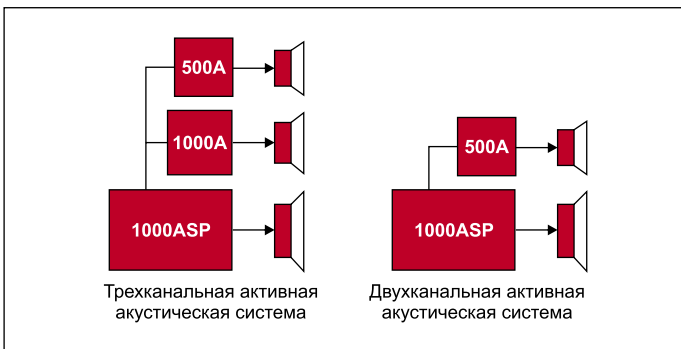


Рис. 8. Примеры приложений, использующих сочетание серий А и ASP

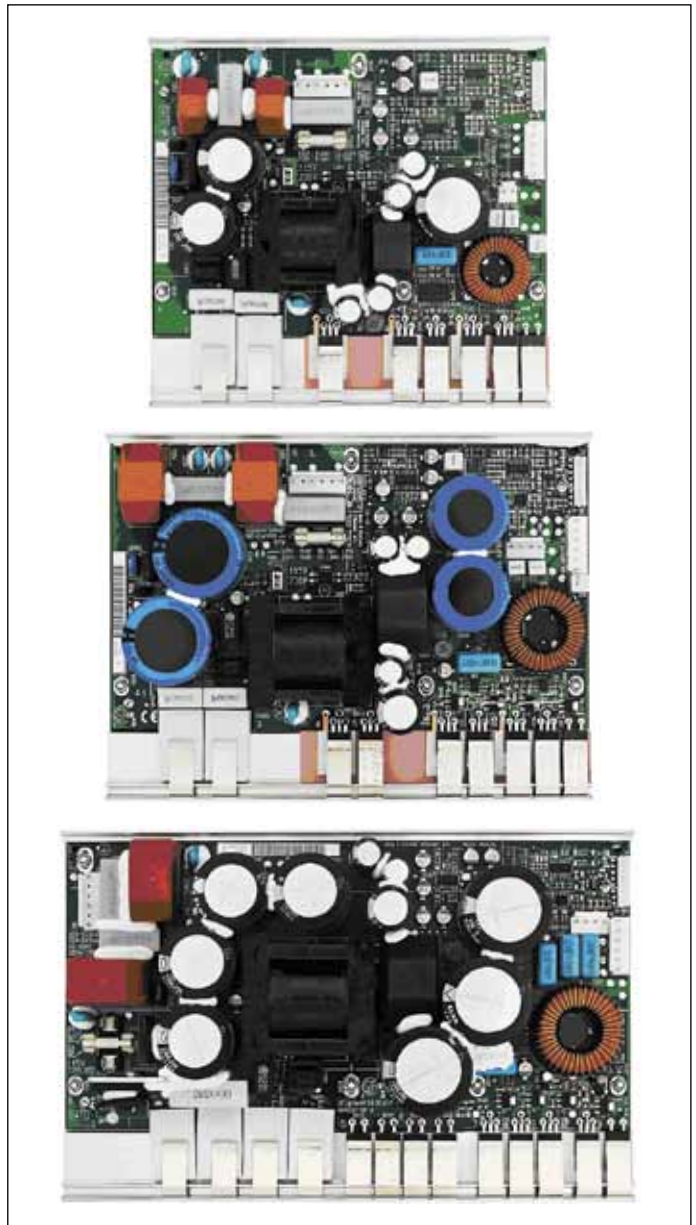


Рис. 6. Усилители серии ASP

Усилители имеют балансный вход, оптимизированный для дифференциального сигнала (рис. 4). Часто возникает вопрос: как подключить дифференциальный вход к однополярному выходу? Рекомендуемая схема подключения показана на рис. 5. Идея заключается в соединении отрицательной сигнальной шины с сигнальной «землей» на стороне источника. Экран соединяется с «землей» через небольшое сопротивление (но можно обойтись и без него). На платах усилителей имеются также логические входы выключения звука (MUTE) и переключения в режим ожидания (STANDBY), а также выход монитора, позволяющего контролировать выходной сигнал.

Серия ASP (рис. 6) представляет собой высококачественные усилители класса D мощностью 250, 500 и 1000 Вт со встроенным импульсным источником питания от сети

110/220 В, который может питать дополнительные каналы усиления, построенные на модулях серии А. Каналы усилителей серии ASP фактически аналогичны усилителям серии А соответствующей мощности. Кроме того, в модулях серии ASP есть вы-

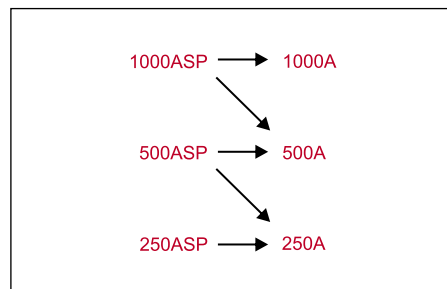


Рис. 7. Совместимость модулей ASP и А по шинам питания

ходы питания для подключения усилителей серии А. Модуль 250ASP имеет силовой выход 50 В, модуль 500ASP — 50 и 80 В, модуль 1000ASP — 80 и 120 В. Этим обусловлена схема совместимости модулей А и ASP (рис. 7). При этом каждый модуль ASP обеспечивает питание ±12 В.

Примеры использования усилителей серий А и ASP приведены на рис. 8. Основные характеристики модулей А и ASP сведены в таблицу 2. На рис. 9 и 10 показаны типичные характеристики семейства на примере усилителя 500А.

Сочетание серий А и ASP обеспечивает гибкий модульный подход к разработке конечного продукта. Усилители серии ASP имеют внутреннюю шину питания, способную поддерживать до двух модулей серии А или серии АС. Это упрощает разработку целой линейки конечных изделий, начиная

Таблица 2. Основные характеристики усилителей серий А и ASP

Характеристика	250ASP	500ASP	1000ASP	250A	500A	1000A
Выходная мощность (гармонические искажения + шум 0,1% на 1кГц), Вт	280 (2,7 Ом) 110 (8 Ом)	500 (4 Ом) 250 (8 Ом)	1100 (4 Ом) 525 (8 Ом)	250 (2,7 Ом) 110 (8 Ом)	600 (4 Ом) 300 (8 Ом)	1000 (4 Ом) 600 (8 Ом)
Минимальное сопротивление нагрузки, Ом	2					
КПД (макс.), %	83			93		
Выходной ток (пик.), А	25	45	50	25	45	50
Динамический диапазон, дБА	112	115	119	112	117	120
Взвешенный шум (выход), мкВ	80	80	80	85	75	80
Полоса пропускания (-3 дБ, 4 Ом), кГц	60	60	31	50	45	3
Коэффициент усиления по напряжению (1 кГц), дБ	27	27,1	27,2	27,4	27,1	28,1
Гармонические искажения + шум (1 Вт, 1 кГц), %	0,0055	0,006	0,007	0,0055	0,006	0,008
Выходной импеданс (1 кГц), мОм	<5					
Габаритные размеры, мм	150×163×52	150×198×52	150×233×57	80×80×29	90×90×29	100×100×29

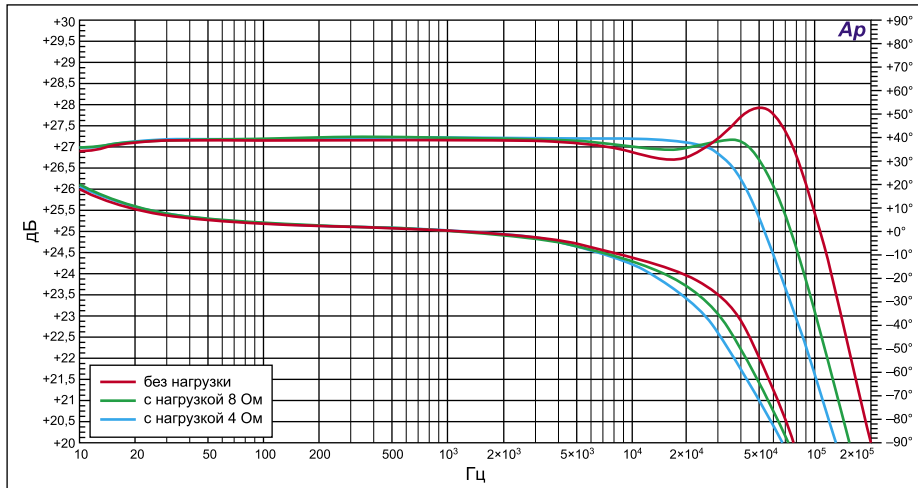


Рис. 9. Амплитудно- и фазочастотные (внизу) характеристики усилителя 500ASP без нагрузки, с нагрузкой 4 и 8 Ом

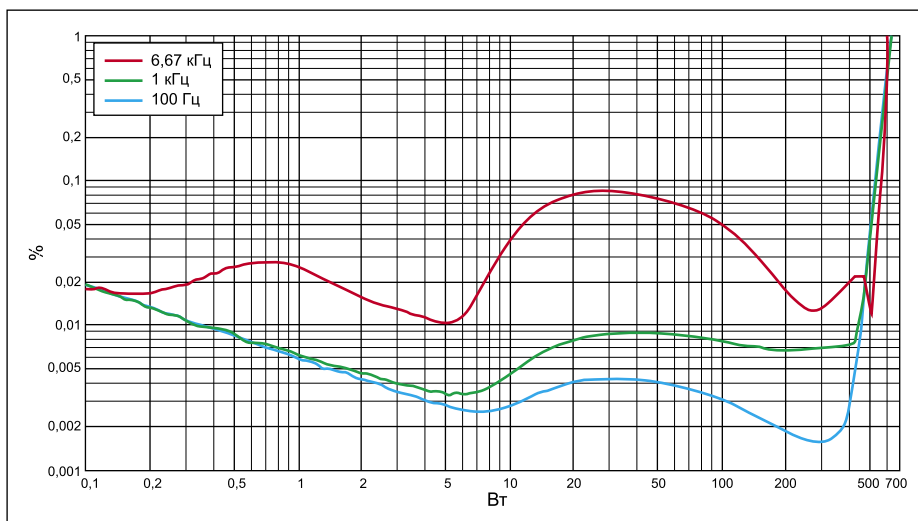


Рис. 10. Гармонические искажения + собственный шум усилителя 500ASP на частотах 100 Гц, 1 и 6,67 кГц (нагрузка 4 Ом)

с обычного усилителя для сабвуфера и заканчивая трехканальной активной акустической системой.

Область применения серии ASP:

- Активные колонки для студий и концертных залов.
- Активные сабвуферы.
- Музыкальные инструменты.
- Стереофонические усилители большой мощности.

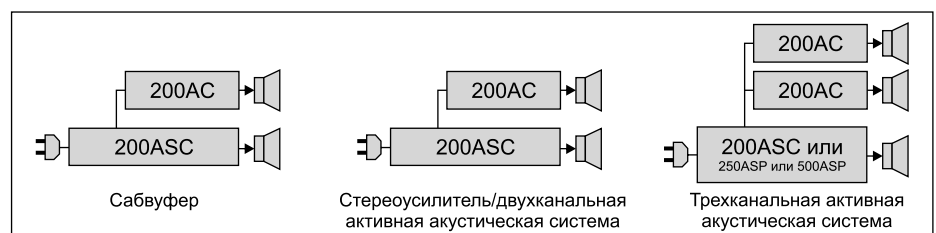


Рис. 12. Примеры приложений с использованием серии ASC

Серия ASC

Модули 200ASC, 200AS и 200SC (рис. 11, табл. 3) представляют бюджетную серию усилителей компании ICEpower, имеющую сбалансированные характеристики по мощности и качеству звуковоспроизведения. Они предназначены для работы в сабвуферах, внешних усилителях для электромузыкальных инструментов (комбики), в активных акустических системах широкого назначения, а также в системах озвучивания помещений и залов. Усилители семейства ASC имеют относительно низкую стоимость, что делает их привлекательными для построения оконечных высококачественных аудиосистем.

Модуль 200ASC содержит 200-Вт усилитель звука класса D и импульсный блок питания мощностью 310 Вт. Кроме основного выхода 47 В для питания усилителя, блок питания обеспечивает дополнительное выходное напряжение ± 12 В, а также имеет отдельный выход для подключения дополнительных каналов усилителей.

Серия ASC оптимизирована для построения мощных стереофонических усилителей, активных акустических систем и сабвуферов (рис. 12).



Рис. 11. Модули ICEpower 200ASC и 200AC

Таблица 3. Состав серии ASC

Модуль	Мощность, Вт	Габаритные размеры, мм
ICEpower 200ASC	200 (0,2%, 10 Гц – 20 кГц)	150×107×47
ICEpower 200AC	200 (0,2%, 10 Гц – 20 кГц)	55×107×33
ICEpower 200SC	310, 47 В (для модуля 200AC)	95×107×44

Таблица 4. Основные характеристики серии ASC

Характеристики	200ASC	200AC	200SC
Номинальная мощность (гармонические искажения + шум 0,2%, 10 Гц – 20 кГц), Вт	200 (4 Ом) 100 (8 Ом)	200 (4 Ом) 100 (8 Ом)	310 (47 В)
Номинальная мощность (гармонические искажения + шум 10%, 10 Гц – 20 кГц), Вт	290 (4 Ом)	290 (4 Ом)	–
Минимальное сопротивление нагрузки, Ом	–	3	–
Максимальный КПД, %	79 (блок питания + усилитель)	89	84,6
Напряжение питания, В	Переменное, 85–265	Постоянное, 22–50	Переменное, 85–265
Выходной ток (пик.), А	12,5	12,5	13
Динамический диапазон, дБА	110	110	–
Выходной шум (взвешенный), мкВ	90	90	–
Гармонические искажения + шум (1 Вт, 1 кГц), %	0,008	0,008	–
Выходной импеданс, мОм	10	10	–

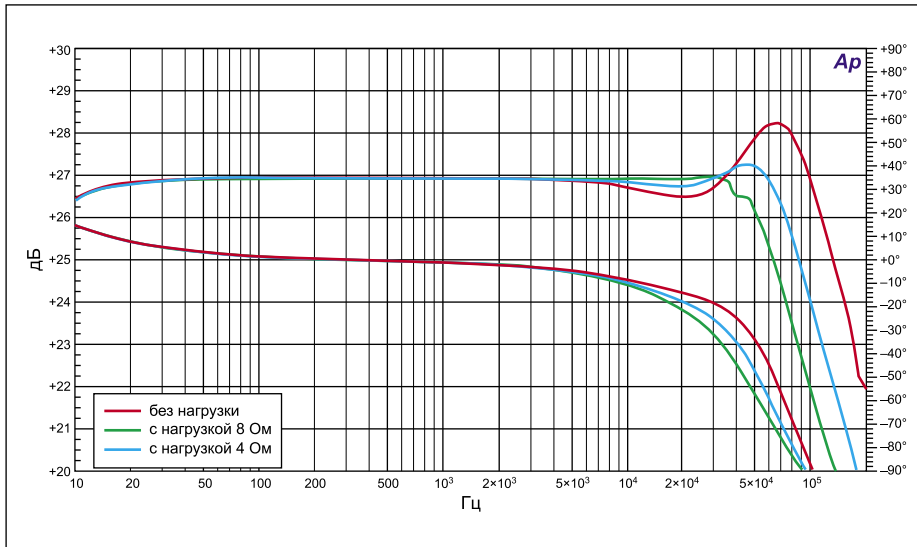


Рис. 13. Амплитудно- и фазочастотные характеристики усилителя 200AC без нагрузки, с нагрузкой 8 и 4 Ом

200AC — это отдельная плата усилителя мощностью 200 Вт, такого же, как в модуле 200ASC. Плата 200AC спроектирована специально для использования в качестве дополнительной при совместной работе с модулем 200ASC, а также с модулями 250ASP и 500ASP. Вход звукового сигнала дифференциальный, аналогичный серии А, диапазон напряжения питания — 22–50 В. Характеристики усилителя представлены в таблице 4 и на рис. 13.

Плата 200SC — это выполненный на отдельной печатной плате блок питания модуля 200ASC. Наличие отдельных блоков (200SC — питание и 200 AC — усилитель) дает разработчику дополнительные возможности оптимизации устройства в тех случаях, когда имеются пространственные ограничения при компоновке конечной системы.

Заключение

Дополнительную информацию об усилителях ICEpower, включая документацию, руководство пользователя и другие материалы, можно найти в [2, 3]. В следующей статье мы расскажем о многоканальных усилителях класса D компании ICEpower.

Литература

1. Белов Г., Матвеев Д. Принципы построения, основы математического моделирования, анализа и синтеза автоколебательных усилителей мощности класса D // Компоненты и технологии. 2012. № 10 и 12.
2. www.sound-power.ru
3. www.icepower.dk