

ERICSSON: МОДУЛЬНЫЕ DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИИ РКV	4
DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИИ РКF	10
Серия РКF2000	10
Серия РКF4000	14
Серия РКF4000A	17
Серия РКF5000	22
Общие параметры для серии РКF	29
DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИИ РКC	31
Серия РКC2000	31
Серия РКC4000	35
DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИИ РКA	38
DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИИ РКЕ	42
Серия РКЕ4000	42
DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИИ РКG	46
Серия РКG2000	46
Серия РКG4000	48
DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИИ РКN	52
Серия РКN4000	52
DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИИ РКJ	55
Серия РКJ4000	55
DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИИ РКM	60
Серия РКM4000	60
DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИИ РКL	62
Серия РКL4000	62



Москва

Издательский дом «Додэка-XXI»

УДК 621.314.6(035.5)
ББК 31.264.5я2
ER66

Серия основана в 1999 г.

Выпускается и распространяется при участии фирмы «Платан» и сети магазинов «ЧИП и ДИП».

ER66 **Ericsson: модульные DC/DC-преобразователи.** — М.: Издательский дом
«Додэка-XXI», — 64 с.

ISBN 978-5-94120-015-3

Обзор преобразователей постоянного напряжения фирмы «Ericsson».

В издании приведены основные технические характеристики преобразователей, для наиболее популярных серий даются типовые характеристики. Данная книга особенно полезна при проектировании систем распределенного питания

Для специалистов в области электроники, а также студентов соответствующих специальностей вузов.

УДК 621.314.6(035.5)
ББК 31.264.5я2

ISBN 978-5-94120-015-3

© Издательский дом «Додэка-XXI»

® «Библиотека электронных компонентов», вып. 23

Все права защищены. Никакая часть этого издания не может быть воспроизведена в любой форме или любыми средствами, электронными или механическими, включая фотографирование, ксерокопирование или иные средства копирования или сохранения информации, без письменного разрешения издательства.

Материалы подготовили *И. С. Кирюхин, А. Ю. Воробьев*

Редактор *А. В. Матвеев*

Дизайн обложки *А. А. Бахметьев, М. С. Коршунова*

Графика *А. Ю. Анненков, А. Н. Клочков*

Верстка *К. В. Федулов*

Корректоры *Ю. А. Корытина, Л. Р. Попова*

Технический редактор *Е. В. Рудакова*

Выпускающий редактор *Е. Е. Граблевская*

Издательский дом «Додэка-XXI»

105318 Москва, а/я 70

Тел./факс: (495) 366-24-29, 366-81-45

E-mail: books@dodeca.ru; icmarket@dodeca.ru

Формат 84×108/16. Бумага газетная. Гарнитура «PragmaticaC».
Печать офсетная. Объем 4 п. л. Усл. печ. л. — 6,72. Тираж 2000 экз. Заказ № 1025
Отпечатано с готовых диапозитивов в ОАО «Типография Новости».
107005 Москва, ул. Ф. Энгельса, 46.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка новых типов источников питания в настоящее время весьма актуальна. В методах их построения происходят фундаментальные изменения. Современные технологии позволяют создавать системы децентрализованного питания из стандартных модулей.

Совсем недавно это было невозможно по причинам экономического характера, а именно из-за отсутствия достаточной номенклатуры стандартных источников питания. Время сбыта электронных изделий становилось все короче, что усиливало необходимость в разработке рентабельных систем источников питания, которые были бы высоконадежными и несложными в производстве. Нельзя больше было ждать несколько месяцев или даже лет до окончания разработки специализированного источника питания. Короче говоря, производители оборудования требовали более компактных, более надежных систем источников питания при сжатых сроках проектирования и меньшем объеме финансирования. Данный обзор современных источников питания ставит своей целью помочь разработчикам преодолеть вышеуказанные проблемы.

Выбор стандартизированных преобразователей напряжения затруднен из-за их широкой номенклатуры и зачастую противоречивых требований, предъявляемых к ним.

Некоторые источники обладают лучшей плотностью мощности, другие — рабочей частотой или методом преобразования напряжения, а также другими параметрами. Какой из параметров наиболее важен? Как оценить надежность систем децентрализованного питания по сравнению с традиционными системами? Какими факторами определяется надежность систем питания? Как располагать малогабаритные DC/DC-преобразователи в системе питания? Какие применить методы охлаждения? Почему невозможно реализовать максимально допустимую мощность преобразователей в современных системах питания?

Какова реальная цена отказов преобразователей напряжения? Список вопросов при выборе источника питания практически бесконечен.

Цель нашего издания — предоставить информацию для разработчиков систем источников питания, которая базируется на практическом опыте применения источников питания. Мы надеемся, что наша книга поможет Вам в выборе архитектуры системы источников питания и составляющих ее компонентов, а также подскажет оптимальные режимы работы этих компонентов. В конечном итоге будет сокращено время на разработку и испытания требуемой системы, что значительно повысит рентабельность Вашего изделия.

DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИИ PKV

Модули питания серии PKV3000I — PKV5000I представляют собой преобразователи постоянного напряжения номиналов 12/24 и 48/60 В. Схема построена на МОП-транзисторах. Преобразование напряжения производится на частоте 200 кГц. Серия характеризуется высоким КПД в широком диапазоне нагрузок, малым током покоя и превосходной стабильностью по току и по напряжению. Модули этой серии обеспечивают выходные параметры в широком диапазоне входных

напряжений, каждый диапазон перекрывает стандартные напряжения питания аппаратуры, 12...36 В и 36...72 В. Модули упакованы в пластмассовый корпус, который заполнен силиконовой смолой. По классу воспламеняемости они соответствуют стандарту UL 94V-0 и имеют соответствующий коэффициент теплопроводности. Материалы, из которых изготовлены модули, соответствуют требованиям РВА к степени чистоты.

Особенности

- ♦ Широкий диапазон входных напряжений 9...36 В, 18...72 В
- ♦ Высокий КПД 74...83%
- ♦ Малый потребляемый ток в режиме холостого хода
- ♦ В нагрузку отдается полная мощность до температуры корпуса 75°C
- ♦ Напряжение изоляции до 1500 В
- ♦ Минимальная наработка на отказ 650000 часов при 25°C

Характерные параметры преобразователей серии PKV

Наименование	Входное напряжение [В]	Выходное напряжение [В]	Выходной ток [мА]	Выходная мощность [Вт]
PKV3110PI	24	3.3	500	1.65
PKV3211PI		5.0	500	2.50
PKV3313PI		12.0	250	3.00
PKV3315PI		15.0	200	3.00
PKV3322PI		±5.0	250	2.50
PKV3321PI		±12.0	125	3.00
PKV3325PI		±15.0	100	3.00
PKV5110PI	48/60	3.3	500	1.65
PKV5211PI		5.0	500	2.50
PKV5313PI		12.0	250	3.00
PKV5315PI		15.0	200	3.00
PKV5222PI		±5.0	250	2.50
PKV5321PI		±12.0	125	3.00
PKV5325PI		±15.0	100	3.00

Предельно допустимые параметры и режимы

Параметр		Значение		Ед. изм.
		min	max	
T_C	Температура корпуса	-40	+95	°C
T_S	Температура хранения	-40	+125	°C
V_I	Входное напряжение (0.1 с (max)) PKV3000	—	40	В
	Входное напряжение (0.1 с (max)) PKV5000	—	80	В
V_{ISO}	Напряжение изоляции	1500	—	В

Превышение предельно допустимых значений может вызвать частичные разрушения модуля. При проверке модулей допускается равенство одного из параметров предельно допустимому значению, что разрушения не вызывает. Превышение указанных пределов может вызвать изменение параметров непредсказуемым образом.

Входная емкость и частота преобразования

Параметр	Условия измерения	Значение (тип)	Ед. изм.
Входная/выходная емкость	$R_H = 48\%$, $T_C = +25^\circ\text{C}$, $f = 100$ Гц	1000	нФ
Частота преобразования	$V_I = V_I(\text{ном})$, $I_O = I_O(\text{max})$	200	кГц

Входные параметры

при $T_A = 25^\circ\text{C}$, если иное не указано в условиях измерений

Параметр	Условия измерения	Значение			Ед. изм.		
		min	typ	max			
V_I	Входное напряжение	$T_A = -40...+75^\circ\text{C}$	PKV3000	9	—	36	В
			PKV5000	18	—	72	
$V_{I\text{OFF}}$	Напряжение выключения	—	PKV3000	—	—	8	В
			PKV5000	—	—	16	
I_I	Бросок пускового тока (peak)	Малый ток нагрузки	—	35	—	А	
							Бросок пускового тока (I^2t)
PKV5000	—	0.005	—	A^2C			
I_O	Мощность в режиме холостого хода	$I_O = 0$	—	0.3	—	Вт	
							V_{IAC}

Модули преобразователей напряжения работают без внешних компонентов. Тем не менее при применениях, когда требуется получить напряжения с малым уровнем шума, рекомендуется использовать фильтры.

Также рекомендуется защитить входную цепь с помощью предохранителя или каким-либо другим способом. Плавкие предохранители должны пропускать ток, не более чем вдвое превосходящий максимальный входной ток.

Характеристики окружающей среды

Вид воздействия	Стандарт	Параметр	Значение
Синусоидальная вибрация	IEC 68-2-6 FC	Частота	10...500 Гц
		Амплитуда	0.75 мм
		Ускорение	10 g
		Количество циклов	10 по каждой оси
		Продолжительность испытаний	1 ч по каждой оси
Ударное ускорение	IEC 68-2-27 Ea	Пиковое значение	2000 м/с ²
		Продолжительность испытаний	3 мс
Диапазон рабочих температур	IEC 68-2-14 Na	Температура	-40°... +125°C
		Количество циклов	100

Примечание: максимальная мощность вырабатывается в диапазоне температур -40...+75°C.

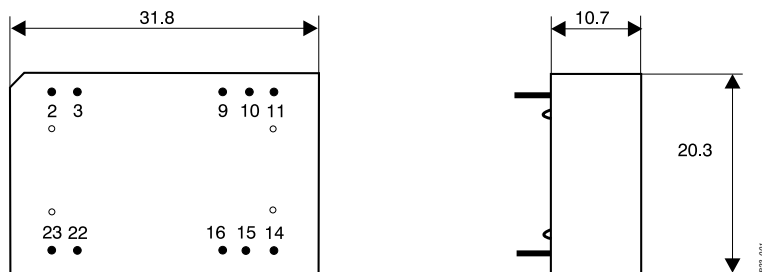


Рис. 1. Габаритные размеры модулей серии PKV

Все размеры приведены в миллиметрах.
 Допуск на размеры корпуса — ± 0.5 мм (± 0.02 дюйма).
 Допуск на длину вывода — ± 0.25 мм (± 0.01 дюйма).

Вес — 15 г (max).
 Корпус — из непроводящего пластика, UL 94V-0.

Назначение выводов

Вывод	Обозначение	Назначение	
		В модулях с одним выходом	В модулях с двумя выходами
2	-IN	Отрицательное входное напряжение	Отрицательное входное напряжение
3	-IN	Отрицательное входное напряжение	Отрицательное входное напряжение
9	п.с./RTN	Не используется	Общий вывод выходного напряжения
10	п.с.	Не используется	Не используется
11	п.с./-OUT	Не используется	Отрицательное выходное напряжение
14	+OUT	Положительное выходное напряжение	Положительное выходное напряжение
15	п.с.	Не используется	Не используется
16	RTN	Общий вывод выходного напряжения	Общий вывод выходного напряжения
22	+IN	Положительное входное напряжение	Положительное входное напряжение
23	+IN	Положительное входное напряжение	Положительное входное напряжение

Электрические параметры модулей PKV3110PI, PKV3211PI, PKV3313PI, PKV3315PI

при $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_I = 9...36$ В, если иное не указано в условиях измерений

Параметр	Условия	PKV3110PI	PKV3211PI	PKV3313PI	PKV3315PI	Ед. изм.
V_O	Разброс выходного напряжения (включая долговременный дрейф)	$I_O = (0.1...1.0) \times I_O(\text{max})$	3.20...3.40	4.90...5.10	11.76...12.24	В
K_V	Нестабильность по напряжению (max)	$I_O = I_O(\text{max})$	16.5	25	60	мВ
K_I	Нестабильность по току (max)	$I_O = (0.1...1.0) \times I_O(\text{max})$, $V_I = 26$ В	33	50	120	мВ
t_{TR}	Время установления (тип)	$I_O = (0.1...1.0) \times I_O(\text{max})$, $V_I = 26$ В; $\Delta I_O = 0.5 \times I_O(\text{max})$	300	300	300	мкс
V_{TR}	Выброс выходного напряжения (тип)		± 100	± 100	± 150	мВ
t_D	Температурный коэффициент выходного напряжения (max)	В режиме стабилизации	0.02	0.02	0.02	%/°C
t_R	Время нарастания (тип)	$I_O = (0.1...1.0) \times I_O(\text{max})$, $V_I = 26$ В, $0.1...0.9 \times V_O$	0.5	0.5	1.2	мс
t_S	Время запуска (max)	От подачи V_I до $0.9 V_{O1}$	1300	1300	1300	мс
I_O	Выходной ток (max)	—	0.5	0.5	0.25	А
$P_O(\text{max})$	Максимальная выходная мощность (min)	—	1.65	2.5	3	Вт
$I_{\text{ЛИМ}}$	Ограничение выходного тока	$T_C < T_C(\text{max})$	0.5...1.62	0.5...1.62	0.25...0.81	А
I_{SC}	Ток короткого замыкания (тип)	$V_I = 26$ В	0.20	0.25	0.35	А
$V_O(\text{AC})$	Пульсации и шум выходного напряжения (тип)	$I_O = I_O(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $f = \text{DC}...20$ МГц	60	60	60	мВ
SVR	Коэффициент ослабления пульсаций входного напряжения (тип)	$f = 100/120$ Гц (AC), $(\text{SVR} = 20 \lg(1\text{B}(p-p)/V_O(p-p)))$	60	60	60	дБ
η	КПД (тип)	$I_O = I_O(\text{max})$, $V_I = 26$ В	73	82	76	%
P_D	Рассеиваемая мощность (max)		0.85	0.79	0.66	Вт

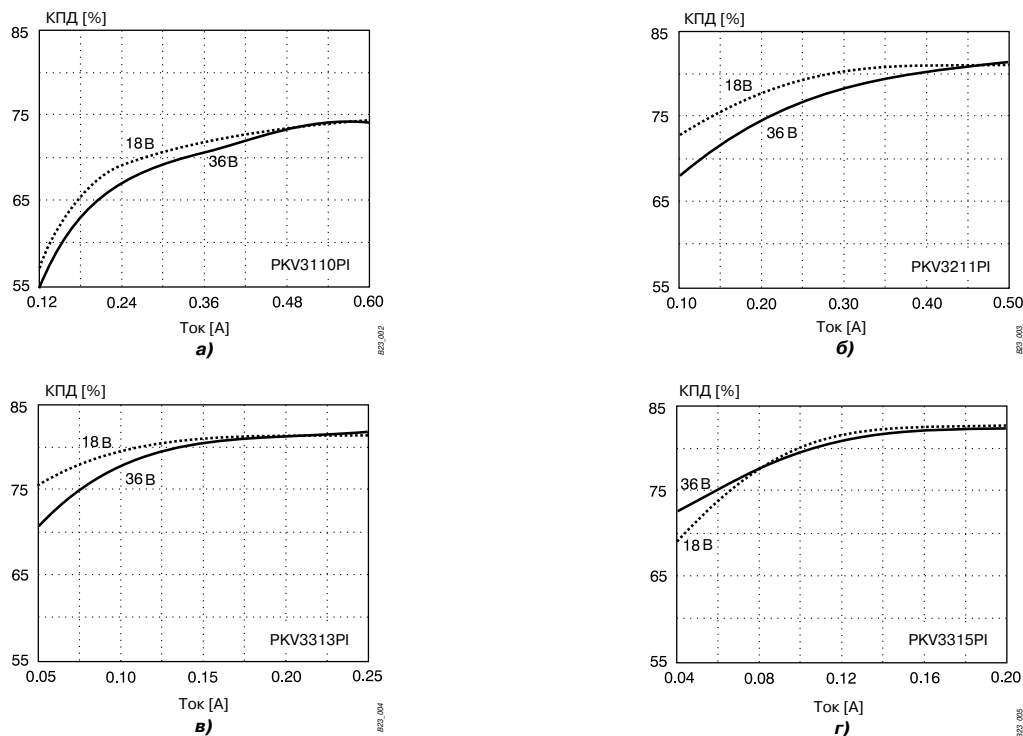


Рис. 2. Зависимость коэффициента полезного действия от выходного тока при разных напряжениях питания:
а – PKV3110PI; б – PKV3211PI; в – PKV3313PI; г – PKV3315PI

Электрические характеристики модулей PKV3321PI, PKV3322PI, PKV3325PI

при $T_A = +25^{\circ}\text{C}$, $V_I = 9...36\text{ В}$, если иное не указано в условиях измерений

Параметр	Условия	PKV3321PI		PKV3322PI		PKV3325PI		Ед. изм.		
		Выход 1	Выход 2	Выход 1	Выход 2	Выход 1	Выход 2			
V_O	Разброс выходного напряжения (включая долговременный дрейф)	$I_O = (0.1...1.0) \times I_O(\text{max})$		+11.76...+12.24	-11.76...-12.24	+4.9...+5.1	-4.9...-5.1	+14.7...+15.3	-14.7...-15.3	В
K_V	Нестабильность по напряжению (max)	$I_O = I_O(\text{max})$		60	60	25	25	75	75	мВ
K_I	Нестабильность по току (max)	$I_O = (0.1...1.0) \times I_O(\text{max})$ $V_I = 26\text{ В}$		120	120	50	50	150	150	мВ
t_{TR}	Время установления (тип)	$\Delta I_O = 0.5 \times I_O(\text{max})$		300	300	300	—	300	300	мкс
V_{TR}	Выброс выходного напряжения (тип)	—		± 150	± 100	± 100	—	± 200	± 200	мВ
t_D	Температурный коэффициент выходного напряжения (max)	В режиме стабилизации		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	%/°C
t_R	Время нарастания (тип)	$I_O = (0.1...1.0) \times I_O(\text{max})$ $V_I = 26\text{ В}, (0.1...0.9) \times V_O$		1.2	1.2	1.2	—	1.2	1.2	мс
t_S	Время запуска (max)	От подачи V_I до $0.9 V_{O1}$		1300	1300	1300	1300	1300	1300	мс
I_O	Выходной ток (max)	—		0.125	0.125	0.25	0.25	0.1	0.1	А
$P_O(\text{max})$	Максимальная выходная мощность (min)	—		1.5	1.5	1.25	1.25	1.5	1.5	Вт
$I_{\text{ЛМ}}$	Ограничение выходного тока	$T_C < T_C(\text{max})$		0.125...0.400	0.125...0.400	0.25...0.81	0.25...0.81	0.10...0.32	0.10...0.32	А
I_{SC}	Ток короткого замыкания (тип)	$V_I = 26\text{ В}$		0.35	0.35	0.25	0.25	0.35	0.35	А
$V_O(\text{AC})$	Пульсации и шум выходного напряжения (тип)	$I_O = I_O(\text{max}), T_A = 25^{\circ}\text{C}, f = \text{DC}...20\text{ МГц}$		60	60	60	60	50	50	мВ
SVR	Коэффициент подавления пульсаций входного напряжения (AC) (тип)	$f = 100/120\text{ Гц}, (\text{SVR} = 20 \lg(1\text{ В (p-p)} / V_O(\text{p-p})))$		45	45	45	45	45	45	дБ
η	КПД (тип)	$I_O = I_O(\text{max}), V_I = 26\text{ В}$		82	82	82	82	80	80	%
P_D	Рассеиваемая мощность (max)	$I_O = I_O(\text{max}), V_I = 26\text{ В}$		1.11	1.11	0.83	0.83	0.95	0.95	Вт

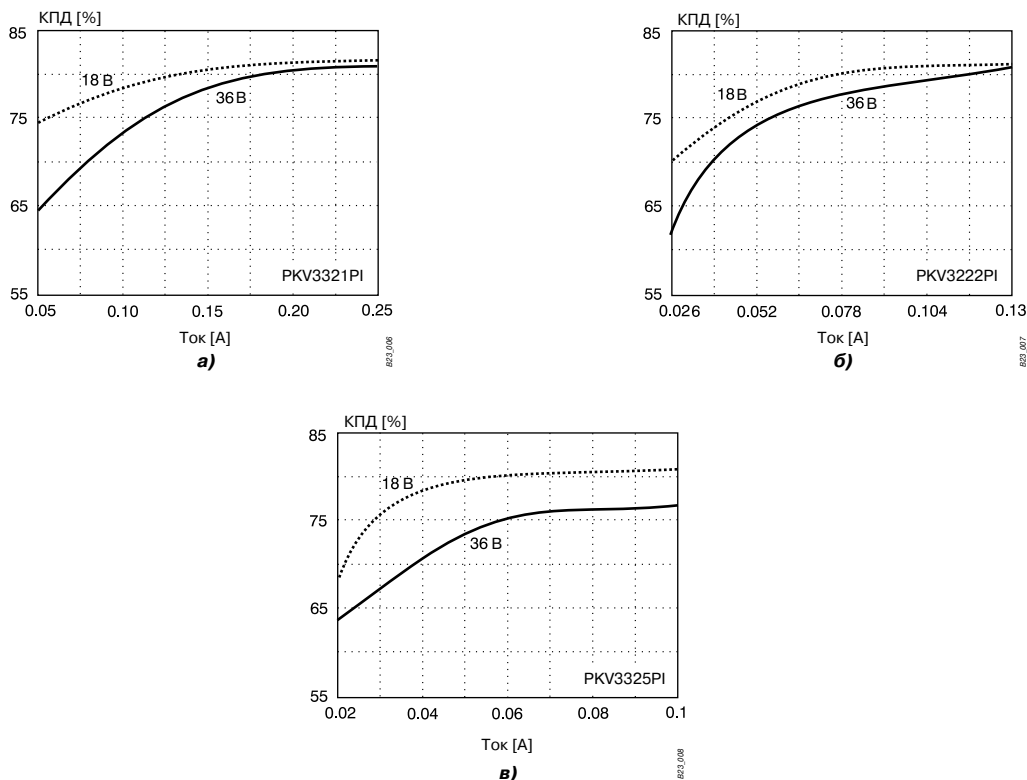


Рис. 3. Зависимость коэффициента полезного действия от выходного тока при разных напряжениях питания:
а — PKV3321PI; б — PKV3222PI; в — PKV3325PI

Электрические характеристики модулей PKV5110PI, PKV5211PI, PKV5313PI, PKV5315PI

при $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_I = 18...72\text{ В}$, если иное не указано в условиях измерений

Параметр	Условия	PKV5110PI	PKV5211PI	PKV5313PI	PKV5315PI	Ед. изм.	
V_O	Разброс выходного напряжения (включая долговременный дрейф)	$I_O = (0.1...1.0) \times I_{O(\text{max})}$	3.20...3.40	4.90...5.10	11.76...12.24	14.7...15.3	В
K_V	Нестабильность по напряжению (max)	$I_O = I_{O(\text{max})}$	16.5	25	60	75	мВ
K_I	Нестабильность по току (max)	$I_O = (0.1...1.0) \times I_{O(\text{max})}$, $V_I = 26\text{ В}$	33	50	120	150	мВ
t_{TR}	Время установления (тип)	$I_O = (0.1...1.0) \times I_{O(\text{max})}$, $V_I = 26\text{ В}$; $\Delta I_O = 0.5 \times I_{O(\text{max})}$	300	300	300	300	мкс
V_{TR}	Выброс выходного напряжения (тип)		± 100	± 100	± 150	± 200	мВ
t_D	Температурный коэффициент выходного напряжения (max)	В режиме стабилизации	0.02	0.02	0.02	0.02	%/°C
t_R	Время нарастания (тип)	$I_O = (0.1...1.0) \times I_{O(\text{max})}$, $V_I = 26\text{ В}$, $(0.1...0.9) \times V_O$	0.5	0.5	1.2	1.2	мс
t_S	Время запуска (max)	От подачи V_I до $0.9 V_{OI}$	1300	1300	1300	1300	мс
I_O	Выходной ток (max)	—	0.5	0.5	0.25	0.2	А
P_O (max)	Максимальная выходная мощность (min)	—	1.65	2.5	3	3	Вт
$I_{\text{ЛМ}}$	Ограничение выходного тока	$T_C < T_C(\text{max})$	0.50...1.62	0.50...1.62	0.25...0.81	0.2...0.65	А
I_{SC}	Ток короткого замыкания (тип)	$V_I = 26\text{ В}$	0.10	0.2	0.17	0.17	А
V_O (AC)	Пульсации и шум выходного напряжения (тип)	$I_O = I_{O(\text{max})}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $f = \text{DC}...20\text{ МГц}$	60	60	60	60	мВ
SVR	Коэффициент подавления пульсаций входного напряжения (AC) (тип)	$f = 100/120\text{ Гц}$, $(\text{SVR} = 20\text{ лг}(1\text{ В}(p-p)/V_O(p-p)))$	60	60	60	—	дБ
η	КПД (тип)	$I_O = I_{O(\text{max})}$, $V_I = 26\text{ В}$	73	82	82	82	%
P_D	Рассеиваемая мощность (max)	$I_O = I_{O(\text{max})}$, $V_I = 26\text{ В}$	0.85	0.84	0.95	0.95	Вт

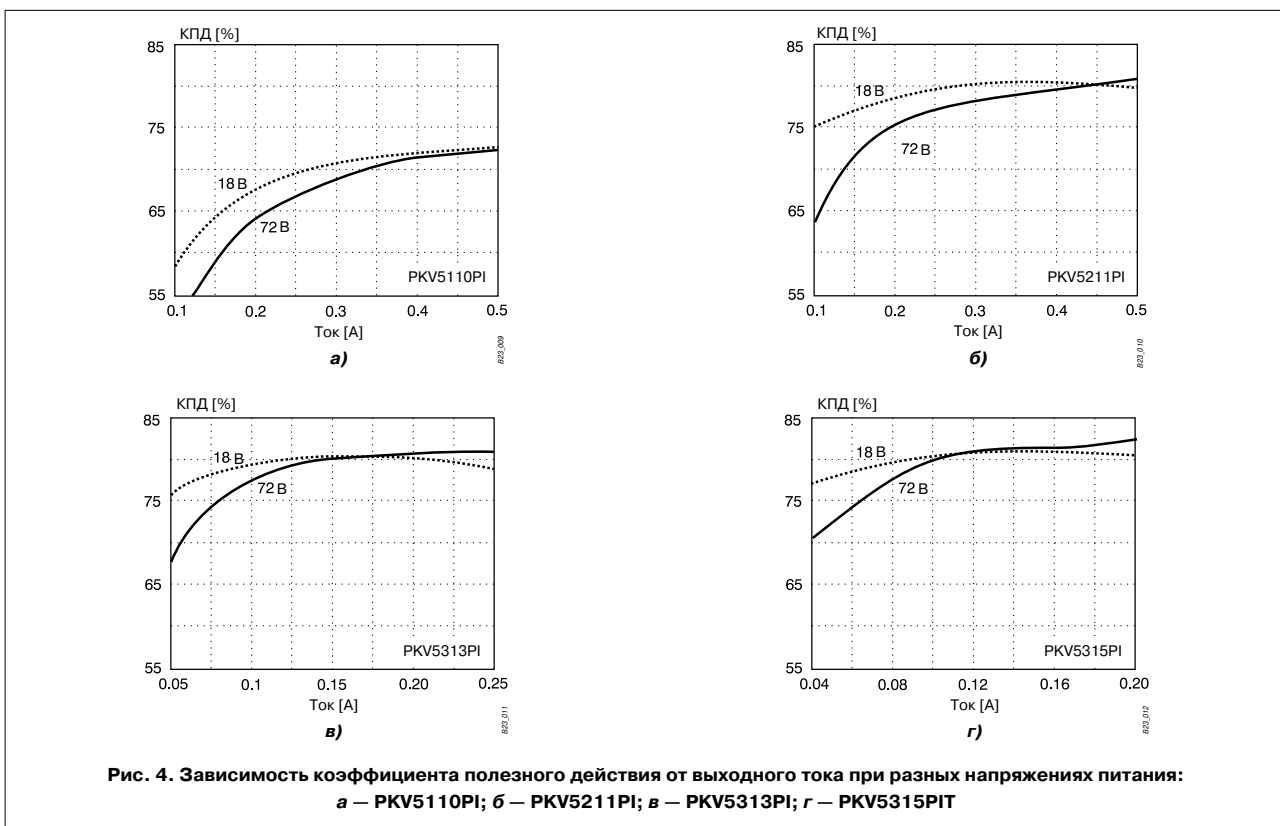


Рис. 4. Зависимость коэффициента полезного действия от выходного тока при разных напряжениях питания:
а – PKV5110PI; б – PKV5211PI; в – PKV5313PI; г – PKV5315PI

Электрические характеристики модулей PKV5321PI, PKV5222PI, PKV5325PI

при $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_I = 9...36\text{ В}$, если не оговорено противное

Параметр	Условия	PKV5321PI		PKV5222PI		PKV5325PI		Ед. изм.		
		Выход 1	Выход 2	Выход 1	Выход 2	Выход 1	Выход 2			
V_O	Разброс выходного напряжения (включая долговременный дрейф)	$I_O = (0.1...1.0) \times I_{O(\text{max})}$		+11.76...+12.24	-11.76...-12.24	+4.9...+5.1	-4.9...-5.1	+14.7...+15.3	-14.7...-15.3	В
K_V	Нестабильность по напряжению (max)	$I_O = I_{O(\text{max})}$		60	60	25	25	75	75	мВ
K_I	Нестабильность по току (max)	$I_O = (0.1...1.0) \times I_{O(\text{max})}$, $V_I = 26\text{ В}$		120	120	50	50	150	150	мВ
t_{TR}	Время установления (тип)	$\Delta V_O = 0.5 \times I_{O(\text{max})}$		300	300	300	—	300	300	мкс
V_{TR}	Выброс выходного напряжения (тип)			± 150	± 100	± 100	—	± 200	± 200	мВ
t_D	Температурный коэффициент выходного напряжения (max)	В режиме стабилизации		0.02	0.02	0.02	0.02	—	0.02	%/°C
t_R	Время нарастания (тип)	$I_O = (0.1...1.0) \times I_{O(\text{max})}$, $V_I = 26\text{ В}$, $(0.1...0.9) \times V_O$		1.2	1.2	1.2	—	1.2	1.2	мс
t_S	Время запуска (max)	От подачи V_I до $0.9 V_{O1}$		1300	1300	1300	1300	1300	1300	мс
I_O	Выходной ток (max)	—		0.125	0.25	0.25	0.25	0.1	0.1	А
$P_O(\text{max})$	Максимальная выходная мощность (min)	—		1.5	1.25	1.25	1.25	1.5	1.5	Вт
$I_{\text{ЛИМ}}$	Ограничение выходного тока	$T_C < T_C(\text{max})$		0.125...0.400	0.25...0.81	0.25...0.81	0.25...0.81	0.10...0.32	0.10...0.32	А
I_{SC}	Ток короткого замыкания (тип)	$V_I = 26\text{ В}$		0.17	0.12	0.12	0.25	0.17	0.17	А
$V_O(\text{AC})$	Пульсации и шум выходного напряжения (тип)	$I_O = I_{O(\text{max})}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $f < \text{DC}...20\text{ МГц}$		60	60	60	60	60	60	мВ
SVR	Коэффициент подавления пульсаций входного напряжения (AC) (тип)	$f = 100/120\text{ Гц}$, $(\text{SVR} = 20 \lg(1\text{ В (p-p)} / V_O(\text{p-p})))$		45	45	45	45	45	45	дБ
η	КПД (тип)	$I_O = I_{O(\text{max})}$, $V_I = 26\text{ В}$		82	82	82	82	80	80	%
P_D	Рассеиваемая мощность (max)	$I_O = I_{O(\text{max})}$, $V_I = 26\text{ В}$		1.11	1.11	0.83	0.83	0.95	0.95	Вт

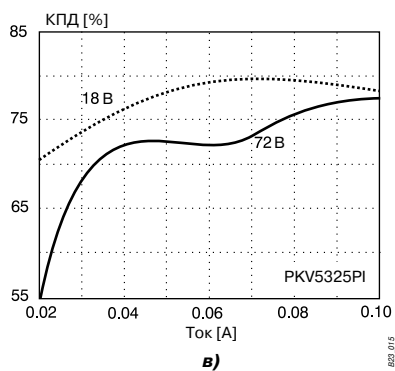
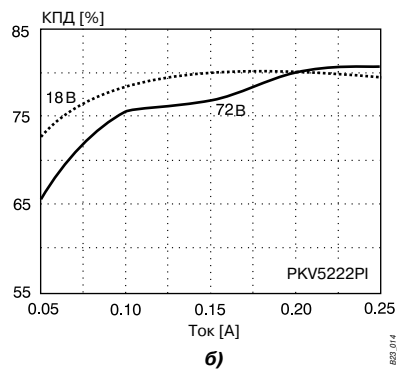
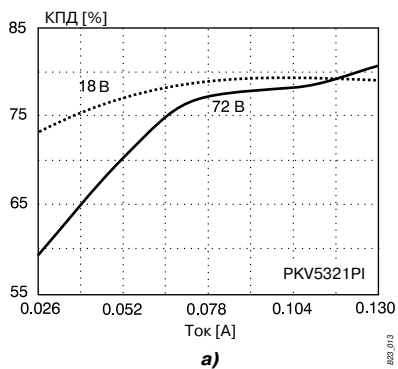


Рис. 5. Зависимость коэффициента полезного действия от выходного тока при разных напряжениях питания:
 а – PKV5321PI; б – PKV5222PI; в – PKV5325PI