

# DC/DC-преобразователи и DC/DC-регуляторы напряжения

компании Ericsson Power Modules — новый этап развития

**В статье рассмотрены основные технические характеристики модулей питания (DC/DC-преобразователей и DC/DC-регуляторов напряжения) компании Ericsson Power Modules — одного из ведущих поставщиков компонентов питания.**

**Николай Скрипник**

info@otkcm.ru

Компания Ericsson Power Modules (ранее Ericsson Microelectronics AB) входит в число ведущих компаний по производству DC/DC-модулей питания для различных применений. А начиналось все в 1981 году, когда в группе компаний Ericsson появилось перспективное оборудование для разработки и производства миниатюрных DC/DC-преобразователей. В 1983 году подразделением Energy Systems корпоративного отдела Ericsson Components начат выпуск интегральных преобразователей постоянного напряжения — DC/DC-преобразователей. С этого времени открылась новая страница в истории развития модулей питания. Разработанные преобразователи, в отличие от ранее выпускаемых модулей питания, имели малые габариты, высокий уровень интеграции, хорошую теплоотдачу, низкую стоимость. Новые стандартные силовые модули стали основой построения систем питания с распределенной структурой прежде всего для телекоммуникационного оборудования. При разработке модулей питания максимально учитывались требования рынка, возможности современных технологий, способы охлаждения, соответствие стандартам национальных и международных организаций. В дальнейшем ежегодно на рынке силовой электроники появляются новые DC/DC-преобразователи, новые высокоэффективные модули питания подразделения Energy System. Развитие модулей питания шло по пути повышения интеграции, сокращения числа элементов, применения эффективных схем и топологий преобразователей, повышения нагрузочной спо-

собности, миниатюризации. Важным направлением было снижение величины выходного напряжения при увеличении выходного тока, что соответствует современным тенденциям в полупроводниковой и микропроцессорной технике.

Знаменательными годами в истории подразделения Energy System группы компаний Ericsson были:

- **1993 год** — разработан и поступил в продажу модуль питания серии PKF MacroDens™ — первый DC/DC-преобразователь высокой плотности мощности с поверхностным монтажом (рис. 1);
- **1996 год** — учреждено совместное предприятие в Шанхае (Китай) — Ericsson Simtec Electronics Company Ltd.;
- **1997 год** — открыт центр разработки высокоплотных DC/DC-преобразователей на базе компании Richardson, штат Техас (США);
- **1999 год** — выпущены первые преобразователи большой мощности;
- **2001 год** — в соответствии с требованиями потребителей на рынке появились первые экологически чистые (без свинца) DC/DC-преобразователи серии PKD (рис. 2).
- **2002 год** — открыт новый завод по производству DC/DC-преобразователей в Калмар (Швеция).
- **2002 год** — образована компания **Ericsson Power Modules** как автономная компания внутри группы компаний Ericsson.

В 2003 году, спустя 20 лет с начала производства высокоинтегрированных DC/DC-преобразователей, компания Ericsson Power Modules поставляла на рынок 17 серий модулей питания, включающих более



Рис. 1



Рис. 2

200 типоминималов DC/DC-преобразователей и DC/DC-регуляторов напряжения на мощность от 1,6 до 366 Вт.

DC/DC-модули питания фирмы Ericsson Power Modules находят применение в телекоммуникационном оборудовании, в компьютерной и офисной технике, в промышленной и специальной электронике различных стран. Например, в Японии, которая известна своими высокими требованиями к качеству компонентов, реализовано более 3 миллионов DC/DC-преобразователей фирмы Ericsson Power Modules. В России и странах СНГ модули питания компании Ericsson Power Modules также находят широкое применение в различной аппаратуре.

Основные технические характеристики модулей питания, которые в настоящее время производятся компанией Ericsson Power Modules, представлены в таблице. Указанные в таблице данные позволяют определить серию модуля питания, которая удовлетворяет заданным требованиям на величину входного и выходного напряжений и ток в нагрузке при необходимом количестве выходов. Первые 16 серий (серии PKV...PKL) — DC/DC-преобразователи, серии PMA, PMB и PMC — DC/DC-регуляторы напряжения. Серии PKM-C, PKJ-E, PKB и PMA компания Ericsson Power Modules выпустила в продажу в 2003 году. В первом квартале 2004 года компания начинает выпускать DC/DC-модули питания серий PMB, PMC и PKM-E.

Характерные особенности модулей питания:

- широкий диапазон входных напряжений: 9...75 В для DC/DC-преобразователей и 3...16 В для DC/DC-регуляторов напряжения;
- DC/DC-преобразователи выпускаются с одним, двумя и тремя выходными напряжениями в диапазоне от 0,9 до 28,2 В. DC/DC-регуляторы напряжения выпускаются с одним выходным напряжением в диапазоне от 0,75 до 5 В;
- точность выходного напряжения:  $\pm 1\%$ ;
- максимальный ток в нагрузке: 100 А;
- КПД: до 95,5%;
- высокая плотность мощности: до 7,69 Вт/см<sup>3</sup> (DC/DC-преобразователи серии PKL) и до 15,8 Вт/см<sup>3</sup> (DC/DC-регуляторы напряжения серии PMC);
- напряжение изоляции (вход-выход): до 2250 В (DC) для DC/DC-преобразователей. DC/DC-регуляторы напряжения выполнены без гальванической развязки вход-выход;
- температурный коэффициент:  $\pm(0,02...0,03)\%/^{\circ}\text{C}$ ;
- диапазон допустимых температур корпуса: -40...+100 (115)  $^{\circ}\text{C}$ . Ряд серий преобразователей и регуляторы напряжения обеспечивают заданные выходные параметры без дополнительных теплоотводов;
- диапазон температур хранения: -55...+125  $^{\circ}\text{C}$ ;
- наработка на отказ: до 10 млн часов (DC/DC-преобразователи серии PKF) и до 17 млн часов (DC/DC-регуляторы напряжения серий PMB и PMC);
- частота переключения: до 510 кГц;
- шумы и пульсации на выходе преобразователей и регуляторов напряжения со-

ответствуют международным стандартам по электромагнитной совместимости EN 55022/CISPR 22 и стандарту США FCC part 15J;

- прекрасные динамические характеристики: 100 мкс при пике напряжения 150 мВ;
- низкий профиль (до 7,5 мм для преобразователей серии PKD) обеспечивает особые преимущества при использовании в аппаратуре с монтажной высотой 15 мм;
- возможность монтажа как в отверстия, так и на поверхность печатных плат при горизонтальном и вертикальном размещении модулей питания.

DC/DC-преобразователи и DC/DC-регуляторы напряжения имеют защиту от короткого замыкания, перегрева, перегрузки по току и напряжению. Многие серии модулей питания допускают параллельное и последовательное включение. В ряде из них реализованы возможности внешней синхронизации при параллельной работе и режимы дистанционного включения-отключения выходного напряжения при положительной и отрицательной логике.

Одними из наиболее востребованных являются DC/DC-преобразователи серии PKF MacroDens. Компания Ericsson Power Modules за 10 лет (с 1993 года по 2003 год) реализовала более 27 миллионов DC/DC-преобразователей этой серии. В настоящее время потребители могут использовать более 40 типов DC/DC-преобразователей серии PKF. Преобразователи допускают монтаж в отверстия (индекс PI) и на поверхность (индекс SI) печатных плат.

Особенности DC/DC-преобразователей, которые поступили в продажу в последнее время:

- **Серии PKM-C и PKJ-E.** Преобразователи этих серий унаследовали все положительные качества аналогичных серий PKM и PKJ, а новые технологии преобразования и новые магнитные материалы позволили повысить КПД и обеспечить прекрасные выходные характеристики без дополнительных теплоотводов. В преобразователях реализованы функции защиты от перенапряжений и от короткого замыкания, от превышения температуры, режимы мягкого старта, дистанционного управления и регулировки выходного напряжения. DC/DC-преобразователи серии PKM-C (рис. 3) выполнены на многослойных платах, имеют дополнительные выводы выходного тока. Такая конструкция принята по согласованию с другими производителями DC/DC-преобразователей и в дальнейшем будет базовым стандартом корпуса.



Рис. 3



Рис. 4

В DC/DC-преобразователях серии PKJ-E (рис. 4) объединены проверенные электрические решения серий PKN и PKJ, и это позволило оптимизировать важнейшие электрические характеристики. В преобразователях используется технология синхронного выпрямления и достигается КПД 93% при полной нагрузке.



Рис. 5

- **Серия PKM-E.** Семейство промышленного стандарта quarter brick (рис. 5). Серия преобразователей характеризуется высокой надежностью, доступными ценами, разработана по технологии минимального воздействия на окружающую среду. Особенно привлекательным для потребителей является наличие диапазона входных напряжений 18...36 В (для промежуточных шин питания величиной 24 В).



Рис. 6

- **Серия PKB.** Новое семейство DC/DC-преобразователей промышленного стандарта quarter brick. Его габариты на 30%, а стоимость на 50% меньше, чем у других преобразователей с аналогичными электрическими характеристиками. Нарботка на отказ (MTBF) более 3,7 млн часов при температуре окружающей среды +85  $^{\circ}\text{C}$ . В настоящее время эти преобразователи выпускаются в корпусе для монтажа в отверстия печатной платы (рис. 6). В ближайшее время преобразователи этой серии будут выпускаться и в корпусе для поверхностного монтажа на плату.

#### Особенности DC/DC-регуляторов напряжения

DC/DC-регуляторы напряжения компании Ericsson Power Modules характеризуются низкими значениями входных напряжений, от-

Таблица. Основные технические характеристики DC/DC-модулей питания компании Ericsson Power Modules

| Серия модуля питания | Входное напряжение, В (DC) | Мощность, Вт | U <sub>вых</sub> , В (DC)/I <sub>вых</sub> макс., А  |   |  | Напряжения изоляции, В (DC) | Диапазон рабочих температур (допустимая температура корпуса), °С | КПД, %  | Наработка на отказ (MTBF), час. | Размеры корпуса, мм                    |
|----------------------|----------------------------|--------------|--|---|--|-----------------------------|--|---------|---------------------------------|--|
|                      |                            |              | Один выход   | Два выхода  | Три выхода   |                             |  |         |                                 |  |
| PKV                  | 9...36;<br>18...72         | 1,65...3     | 3,3/0,5; 5/0,5; 12/0,25; 15/0,2  | ±5/±0,25;<br>±12/±0,125; ±15/±0,1   |  | 1500                        | -40...+75  | до 82   | более 650 тыс.                  | 31,8×20,3×10,7                         |
| PKF                  | 18...36                    | 6...12       | 3,3/2,0; 5/1,2; 5/2,0; 12/1,0  |   |  | 1500                        | (-45...+100)   | до 86   | более 10 млн                    | 48,0×24,0×8,0                          |
|                      | 36...75                    | 3...15       | 1,8/5,0; 2,1/1,5; 2,5/4,4; 3,3/1,5; 3,3/2,0;<br>3,3/3,0; 3,3/4,5; 5/1,2; 5/2,0; 5/3,0; 7/2,2;<br>12/0,6  | ±5/±1,0; ±12/±0,5;<br>±12/±0,84; ±12/±0,85;<br>3,3/1,0 и 5/1,0;<br>3,3/2,1 и 5/0,5      |  |                             |  |         |                                 |  |
|                      | 18...75                    | 5...11       | 3,3/1,5; 5/1,2; 7/0,86; 12/0,65; 12/0,92   |   |  |                             |  |         |                                 |  |
| PKC                  | 18...36;<br>38...72        | 15...18      | 5/3,0; 12/1,5  | ±12/±1,2; ±15/±1,0  | +5/3,0 и ±12/±0,6;<br>+5/3,0 и ±15/±0,5;<br>+5/3,0 и ±12/0,6<br>и -5/1,0                       | 500                         | (-45...+115)   | до 86   | более 2 млн                     | 80,0×55,0×10,7                         |
| PKA*                 | 19...35                    | 25...40      | 5/5,0; 5/8,0   | 12/2,0 и 12/2,0;<br>15/1,6 и 15/1,6   | +5/5,0 и ±12/±1,0;<br>+5/5,0 и ±15/±0,8;<br>+5/8,0 и ±15/±2,0                                  | 500                         | (-45...+115)   | до 86   | более 2 млн                     | 76,0×76,0×17,8<br>(76,0×76,0<br>×19,8) |
| PKЕ*                 | 36...75                    | 25...40      | 3,3/7,6; 5/5,0; 5/8,0  | 12/2,0 и 12/2,0;<br>15/1,6 и 15/1,6   | +5/5,0 и ±12/±1,0;<br>+5/7,0 и ±12/±2,0;<br>+5/5,0 и ±15/±0,8;<br>+5/5,0 и ±12/1,0<br>и -5/3,0 | 1500                        | -40...+85 (+115)   | до 89   | более 2 млн                     | 76,0×76,0×10,7                         |
| PKD                  | 36...75                    | 16,8...50    | 1/20,0; 1,2/14,0; 1,2/20,0; 1,5/14,0;<br>1,5/20,0; 1,8/14,0; 1,8/20,0; 2,5/12,0;<br>2,5/15,0; 3,3/8,0; 3,3/15,0; 5/6,0; 5/10,0   |   |  | 1500                        | (-45...+100)   | до 90   | более 5,1 млн                   | 50,4×46,3×7,5                          |
| PKN                  | 36...75                    | 30...50      | 1,5/20,0; 1,8/20,0; 2,5/17,0; 3,3/15,0;<br>5/10,0  | 3,3/15,0 и 1,3/8,0;<br>3,3/15,0 и 1,5/8,0;<br>3,3/15,0 и 1,8/8,0;<br>3,3/15,0 и 2,5/6,0 |  | 1500                        | (-45...+100)   | до 92   | более 1,7 млн                   | 61,0×61,0×8,5                          |
| PKG                  | 18...36                    | 46...60      | 3,3/14,0; 5/12,0   | 12/4,0 и 12/4,0;<br>15/3,2 и 15,0/3,2   |  | 1500                        | (-45...+100)   | до 89   | более 1,7 млн                   | 74,7×61,4×11,0                         |
|                      | 36...75                    | 30...60      | 2,5/15,0; 3,3/14,0; 5/12,0; 6,2/10,0   | 12/4,0 и 12/4,0; 1<br>5/3,2 и 15,0/3,2;<br>3,3/9,6 и 5/4,0;<br>5/9,0 и 12/3,0           |  |                             |  |         |                                 |  |
| PKB                  | 36...75                    | 36...75      | 1,2/30,0; 1,5/30,0; 1,8/25,0; 2,5/25,0;<br>3,3/20,0; 5/15,0; 12/6,0; 15/5,0  |   |  | 2250                        | (-40...+110)   | до 92   | более 3,7 млн                   | 57,9×19,9×7,6                          |
| PKM-E                | 18...36                    | 50           | 3,3/15,0; 5/10,0; 12/4,2; 15/3,3   |   |  | 1500                        | (-40...+110)   | до 90   | более 7 млн                     | 57,9×36,8×8,5                          |
|                      | 36...75                    | 24...50      | 1,2/20,0; 1,5/20,0; 1,8/20,0; 2,5/15,0;<br>3,3/15,0; 5/10,0; 12/4,2; 15/3,3  |   |  |                             |  |         |                                 |  |
| PKM                  | 36...75                    | 22,5...126   | 1,2/35,0; 1,5/15,0; 1,5/20,0; 1,5/30,0;<br>1,8/15,0; 1,8/20,0; 1,8/30,0; 2,5/15,0;<br>2,5/20,0; 2,5/30,0; 3,3/15,0; 3,3/20,0;<br>3,3/25,0; 3,3/30,0; 5/15,0; 5/20,0; 12/10,5                   |   |  | 1500                        | (-40...+100)   | до 92   | более 3,2 млн                   | 57,9×36,8×12,7                         |
| PKM-C                | 36...75                    | 84...165     | 1,2/70,0; 1,5/70,0; 1,8/70,0; 2,5/55,0;<br>3,3/50,0; 5/30,0; 6,5/25,0; 12/12,5   |   |  | 2250                        | (-40...+125)   | до 90,7 | более 3,7 млн                   | 57,8×36,8×8,7                          |
| PKJ-E                | 36...75                    | 36...100     | 0,9/40,0; 1,2/40,0; 1,5/40,0; 1,8/36,0;<br>2,5/30,0; 3,3/25,0; 5/20,0; 6,5/15,0;<br>12/8,3; 15/6,7   |   |  | 1500                        | (-40...+125)   | до 93   | более 6 млн                     | 61,0×57,9×8,5                          |
| PKJ-B                | 36...75                    | 72...132     | 1,8/40,0; 2,5/40,0; 3,3/40,0   |   |  | 1500                        | (-40...+100)   | до 92   | более 2,2 млн                   | 61,0×57,9×12,7                         |
| PKJ                  | 36...75                    | 22,5...150   | 1,5/15,0; 1,5/20,0; 1,5/30,0; 1,8/15,0;<br>1,8/20,0; 1,8/30,0; 1,8/42,0; 2,5/15,0;<br>2,5/20,0; 2,5/30,0; 3,3/15,0; 3,3/20,0;<br>3,3/30,0; 5/15,0; 5/20,0; 5/30,0; 12/6,25;<br>12/8,3; 12/12,5 | 3,3/15,0 и 1,8/20,0;<br>3,3/15,0 и 5/12,0   |  | 1500                        | (-40...+100)   | до 93   | более 3 млн                     | 61,0×57,9×12,7                         |
| PKL                  | 36...75                    | 90...366     | 1,5/60,0; 1,8/50,0; 1,8/60,0; 1,8/80,0;<br>1,8/100,0; 2,5/50,0; 2,5/60,0; 2,5/80,0;<br>3,3/50,0; 3,3/60,0; 5/50,0; 5/60,0; 12/21,0;<br>12/25,0; 28,2/11,0; 28,2/13,0                           |   |  | 1500                        | (-40...+100)   | до 92   | более 3,7 млн                   | 61,5×61,0×12,7                         |
| PMA                  | 3...3,6                    | 14,4...30    | 1,2/12,0; 1,5/12,0; 1,8/12,0; 2,5/12,0   |   |  | -                           | (-45...+110)   | до 95   | более 12 млн                    | 35,2×20,0×8,5                          |
|                      | 4,5...5,5                  | 30...39,6    | 1,2/12,0; 1,5/12,0; 1,8/12,0; 2,5/12,0;<br>3,3/12,0  |   |  |                             |  |         |                                 |  |
|                      | 9...16                     | 24...80      | 1,5/16,0; 3,3/16,0; 5/16,0   |   |  |                             |  |         |                                 |  |
| PMB                  | 3...5,5                    | 7,5...58     | (0,75...3,6)/10,0; (0,75...3,6)/16,0   |   |  | -                           | (-45...+115)   | до 95   | более 17 млн                    | 50,8×8,8×13,2                          |
|                      | 4,5...5,5                  | 33...53      | 3,3/10,0; 3,3/16,0   |   |  |                             |  |         |                                 |  |
| PMC                  | 3...5,5                    | 7,5...58     | (0,75...3,6)/10,0; (0,75...3,6)/16,0   |   |  | -                           | (-45...+115)   | до 95,5 | более 17 млн                    | 33,0×13,46<br>×8,25                    |
|                      | 4,5...5,5                  | 33...53      | 3,3/10,0; 3,3/16,0   |   |  |                             |  |         |                                 |  |

\* снимаются с производства в 2004 году



Рис. 7



Рис. 8

сутствием гальванической развязки между входом и выходом. Они будут широко использоваться для установки в непосредственной близости от нагрузки (point of load — POL) и совместно с DC/DC-преобразователями с гальванической развязкой обеспечат эффективное функционирование систем распределенного питания с дополнительными значениями выходных напряжений. Обладая высоким КПД, они эффективно работают без дополнительных теплоотводов. В **серии PMA** (рис. 7) предусмотрена возможность регулировки выходного напряжения в небольших пределах с помощью внешнего резистора. Реализован режим дистанционного управления с использованием отрицательной и положительной логики. Возможна взаимная синхронизация DC/DC-регуляторов напряжения при их параллельном соединении. Корпус предназначен для монтажа на поверхность печатной платы. В **сериях PMB** (рис. 8) и **PMC** (рис. 9) регулировка выходного напряжения с помощью внешнего резистора может осуществляться в более широких пределах (0,75...3,6 В), что будет полезным при выборе оптимального напряже-

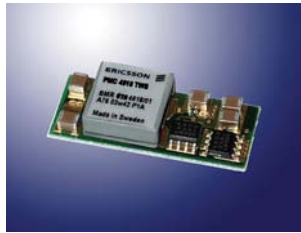


Рис. 9

ния питания разрабатываемых устройств, например, для обеспечения оптимального режима работы микропроцессорных систем. Регулировка выходного напряжения осуществляется внешним резистором  $R_{adj}$ , который подключается между выводами  $V_{adj}$  и GND (рис. 10). Величина сопротивления резистора определяется выражением:

$$R_{adj} \text{ (кОм)} = (21,007 / (U_{\text{вых.}} - 0,75225)) - 5,1$$

Для получения выходного напряжения, равного 0,75 В, внешний резистор не требуется. Максимальная величина выходного напряжения равна 3,6 В. Корпус DC/DC-регуляторов напряжения серии PMB предназначен для монтажа в отверстия на печатной плате при вертикальном размещении модуля питания. DC/DC-регуляторы напряжения серии PMC предназначены для монтажа на поверхность печатной платы.

В 2004 году компания Ericsson Power Modules присоединилась к альянсу POLA (Point of Load Alliance), который образован в 2003 году компаниями Texas Instruments, Emerson Network Power и Artesyn. Входящие в альянс компании будут предлагать потребителям модули питания со стандартными размерами и расположением выводов, что позволит применять их компоненты с одинаковыми техническими характеристиками без изменения разводки печатной платы.

Среди продукции компании Ericsson Power Modules имеются **теплоотводы (радиаторы)**, повышающие эффективность использования DC/DC-преобразователей при работе в широком диапазоне температур. Оптимальные геометрические размеры, малый вес, низкие значения теплового сопротивления между корпусом DC/DC-преобразователя и окружающей средой — вот основные особенности теплоотводов фирмы Ericsson Power Modules.

Компания Ericsson Power Modules предоставляет потребителям отладочные платы (**testboard**) на некоторые серии DC/DC-преобразователей и DC/DC-регуляторов напряжения для изучения их возможностей.

Компания Ericsson Power Modules постоянно расширяет номенклатуру своих изделий, работает над улучшением качества и надежности своей продукции, снижением ее стоимости. Компания увеличивает инвестиции в разработку и производство, чтобы сохранить положение лидера в области создания компонентов систем питания для различных применений: телекоммуникационное оборудование, медицинская аппаратура, военная и космическая промышленность, индустриальные приложения. Особое внимание компания уделяет производству экологически чистых модулей питания. Благодаря использованию передовых технологий и новых материалов модули питания компании Ericsson Power Modules удовлетворяют всем международным стандартам по воздействию на окружающую среду. Предприятиям компании Ericsson Power Modules присвоен сертификат качества ISO 9001/14001.

Дополнительную информацию о DC/DC-преобразователях и DC/DC-регуляторах напряжения, теплоотводах (радиаторах) и отладочных платах (testboard) можно получить на сайтах [www.ericsson.com/powermodules](http://www.ericsson.com/powermodules), [www.otkcm.ru](http://www.otkcm.ru).

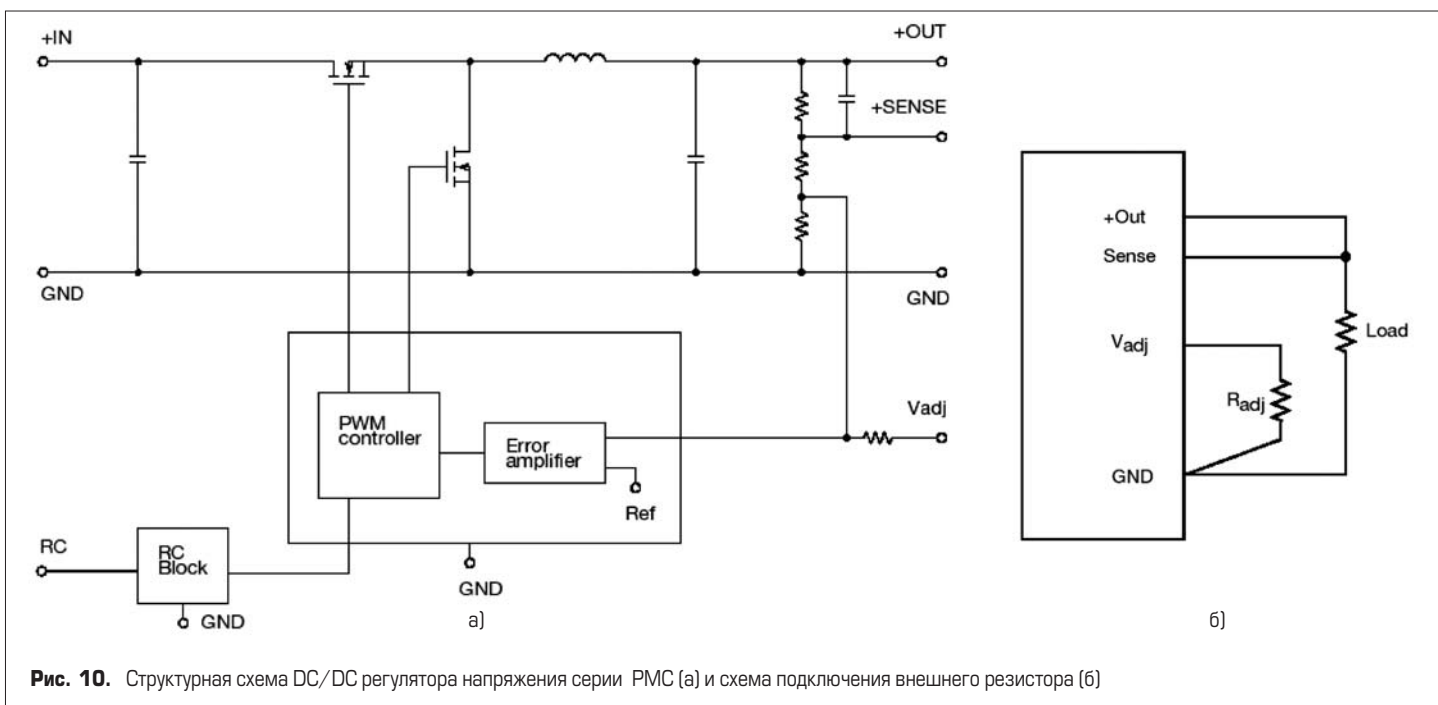


Рис. 10. Структурная схема DC/DC регулятора напряжения серии PMC (а) и схема подключения внешнего резистора (б)