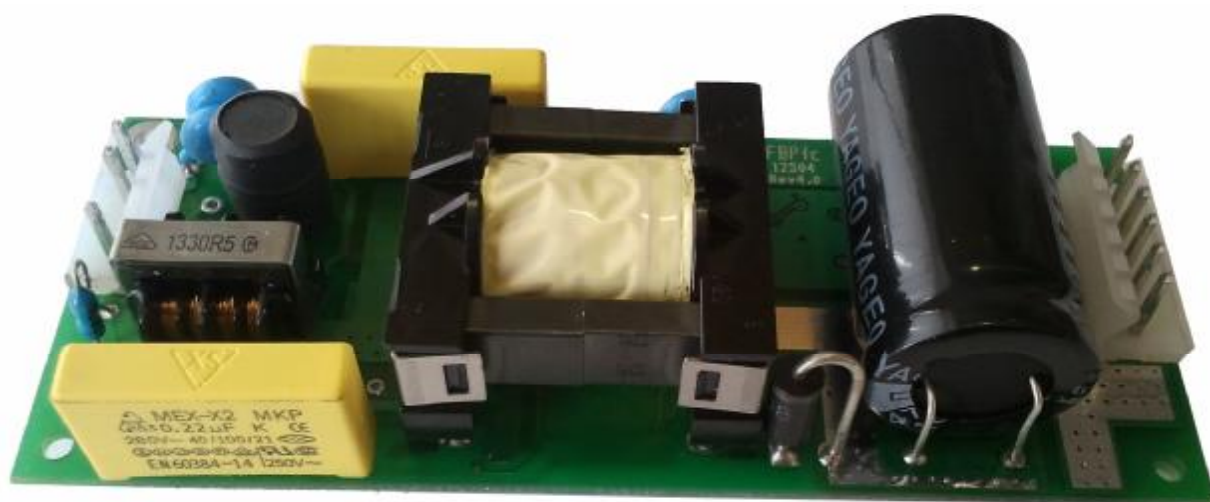




**ЮЖУРАЛЭЛЕКТРОНИКА**

---

**ИСТОЧНИК ТОКА**  
**ИТСК-12504.04.00.Р1**



**Отчет о разработке**

**Rev 4.0A**

**2014**

## Применение:

Рекомендуется к применению в качестве источника питания высокоэффективных светодиодов с регулируемым выходным током. Источник содержит встроенный активный корректор коэффициента мощности и схему ограничения выходного тока при превышении температуры в соответствии с патентом РФ №84160. Источник характеризуется низким уровнем пульсаций выходного тока на удвоенной частоте сети. Температура измеряется внешним датчиком. Выходной ток может устанавливаться внешним резистором.

## Технические параметры:

Входное напряжение	160-265В (50-60Гц) AC;
Максимальная выходная мощность	50.0 Вт;
Максимальный выходной ток	400мА $\pm$ 3%;
Выходное напряжение	65-125В $\pm$ 5%;
Коэффициент мощности	не менее 0,97 <sup>1</sup> ;
Максимальные пульсации выходного тока на удвоенной частоте сети, среднеквадратичное значение	не более 0,5%;
Коэффициент полезного действия	не менее 90% <sup>1</sup> ;
Гальваническая изоляция вход-выход	не менее 1.5 кВ AC (50 Гц, 1 с);
Диапазон рабочих температур	-40 <sup>o</sup> C - +50 <sup>o</sup> C;
Исполнение	IP00;
Габаритные размеры	120×50×30 мм;
Масса	не более 125 г;
Защита светодиодов:	обратная связь по температуре обеспечивает снижение тока при температуре в месте установки датчика 65 <sup>o</sup> C $\pm$ 3 <sup>o</sup> C;
Защита от КЗ на выходе	длительная;
Тип подключаемого датчика температуры	NTC термистор;
сопротивление датчика температуры	33кОм $\pm$ 5%;
Температурный коэффициент сопротивления датчика температуры В25-85	4050 $\pm$ 3%;
Срок службы устройства	не менее 50 000 часов при температуре 25 <sup>o</sup> C
Электромагнитная совместимость	ГОСТ Р 51318.15-99
Устойчивость к внешним воздействиям	ГОСТ Р 51317.4.4-99 ГОСТ Р 51317.4.5-99 степень жесткости 3
Гармоники потребляемого тока	ГОСТ Р 51317.3.2-99 класс С

Значения выходного тока в зависимости от внешнего сопротивления

Внешнее сопротивление, кОм	-	20	8	4	2	0.8	0
----------------------------	---	----	---	---	---	-----	---

<sup>1</sup> При выходной мощности 50 Вт и входном напряжении 220 В.

Выходной ток, мА	400	350	300	250	200	150	100
------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

### Рекомендуемая схема подключения

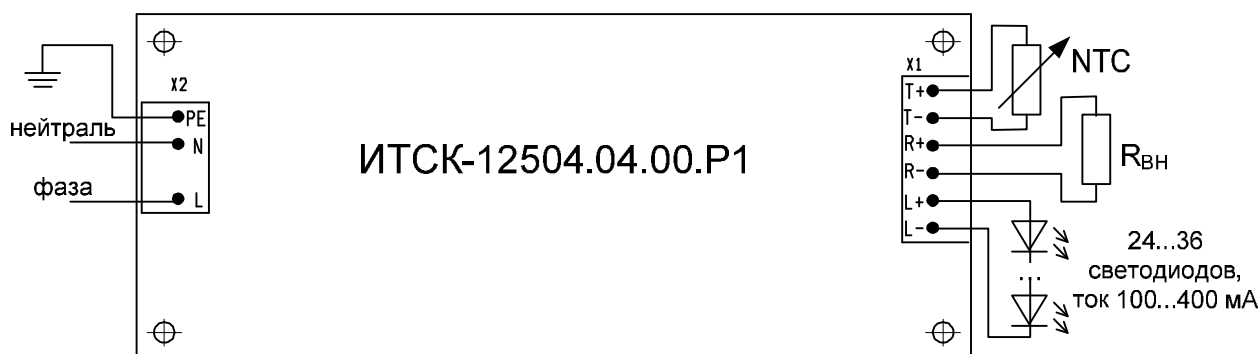


Рис. 1. Рекомендуемая схема подключения

В качестве датчика температуры производителем рекомендуется терморезистор NCP18WB333K03RB (Murata).

Подключение датчика температуры (NTC) и внешнего сопротивления осуществляются по желанию заказчика. Эти элементы в комплект поставки не входят. При неподключенном датчике температуры не будет работать обратная связь по температуре.

Если не установлен резистор  $R_{вн}$ , то выходной ток устройства будет равен максимальному (400 мА).

### Результаты исследования КПД и коэффициента мощности

Для получения зависимостей коэффициента полезного действия, коэффициента мощности, и выходного тока от выходного напряжения использовались следующие приборы:

- мультиметр RIGOL DM3051 – измерение выходного тока источника;
- мультиметр RIGOL DM3051 – измерение выходного напряжения источника;
- измеритель мощности Goodwill INSTEK GDM8212 – измерение входной мощности и коэффициента мощности.

Результаты измерения выходного тока, коэффициента мощности  $\kappa_p$  и КПД при изменении выходного напряжения в диапазоне 65...125 В и максимальном выходном токе 400 мА для трех значений входного напряжения (160 В, 220 В и 265 В) представлены на рис. 2, 3 и 4.

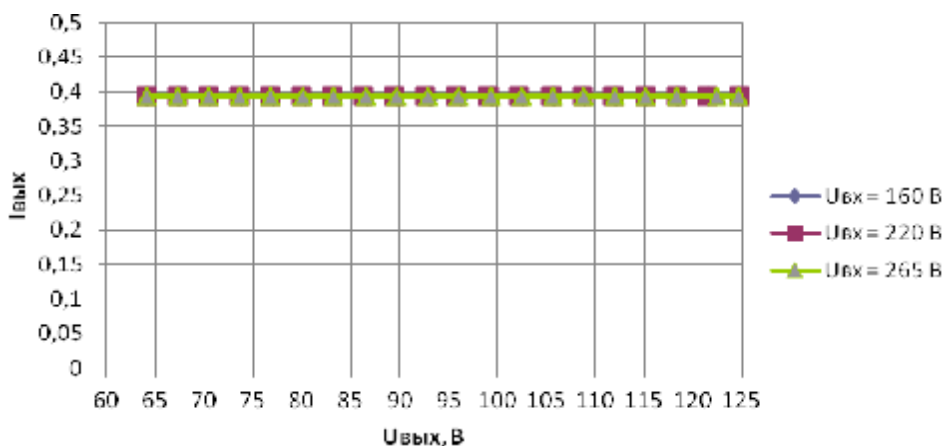


Рис. 2. Зависимость выходного тока от выходного напряжения

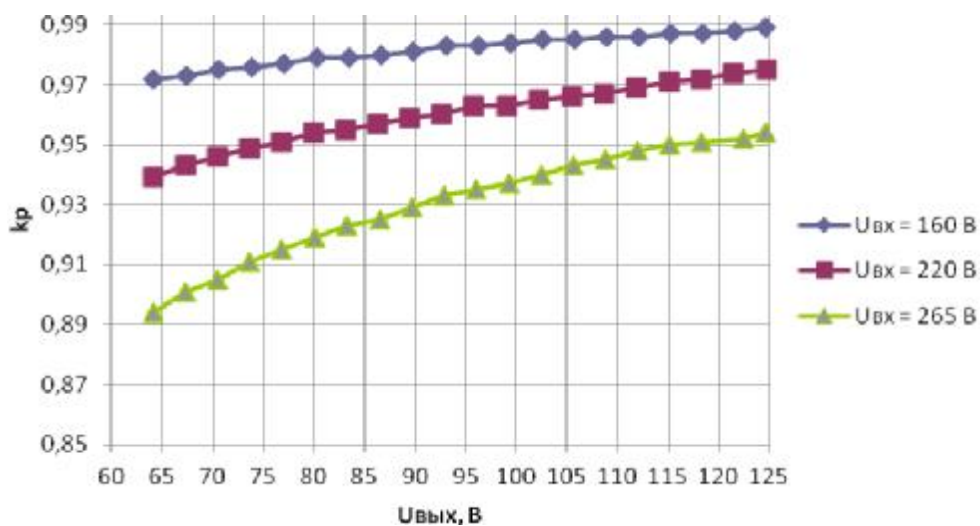


Рис. 3. Зависимость коэффициента мощности от выходного напряжения при постоянном выходном токе 400мА

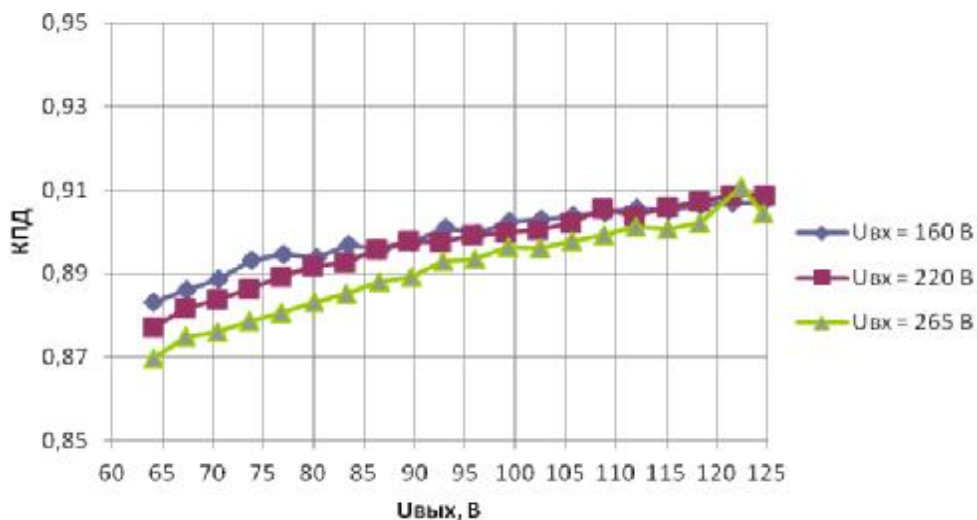


Рис. 4. Зависимость КПД от выходного напряжения при постоянном выходном токе 400мА  
Результаты измерений представлены в табл. 1-3.

Таблица 1.  $U_{вх}=160В$ 

U <sub>вых</sub> , В	I <sub>вых</sub> , А	P <sub>вых</sub> , Вт	к <sub>р</sub>	КПД
64,171	0,3936	28,6	0,972	0,883137
67,419	0,3936	29,95	0,973	0,886014
70,599	0,3936	31,27	0,975	0,88864
73,838	0,3936	32,54	0,976	0,893136
77,078	0,3935	33,9	0,977	0,894696
80,263	0,3935	35,34	0,979	0,893704
83,425	0,3935	36,6	0,979	0,896933
86,669	0,3935	38,07	0,98	0,89583
89,853	0,3936	39,4	0,981	0,897618
93,107	0,3935	40,66	0,983	0,901072
96,255	0,3935	42,11	0,983	0,899462
99,425	0,3935	43,36	0,984	0,9023
102,57	0,3935	44,7	0,985	0,902937
105,766	0,3935	46,05	0,985	0,903777
108,91	0,3936	47,39	0,986	0,904557
112,074	0,3936	48,72	0,986	0,905425
115,236	0,3935	50,09	0,987	0,905278
118,369	0,3935	51,39	0,987	0,906367
121,509	0,3935	52,72	0,988	0,906938
124,639	0,3935	54,07	0,989	0,907073

Таблица 2.  $U_{вх}=220В$ 

U <sub>вых</sub> , В	I <sub>вых</sub> , А	P <sub>вых</sub> , Вт	к <sub>р</sub>	КПД
64,186	0,3936	28,8	0,939	0,877209
67,321	0,3936	30,05	0,943	0,881782
70,468	0,3936	31,38	0,946	0,883882
73,638	0,3936	32,7	0,949	0,886358
76,783	0,3935	33,98	0,951	0,889173
79,918	0,3935	35,26	0,954	0,891881
83,083	0,3935	36,63	0,955	0,892524
86,282	0,3935	37,9	0,957	0,89583
89,434	0,3935	39,2	0,959	0,897762
92,607	0,3935	40,6	0,96	0,897558
95,759	0,3935	41,9	0,963	0,899312
99,02	0,3935	43,3	0,963	0,89987
102,27	0,3935	44,7	0,965	0,900296
105,454	0,3935	46	0,966	0,90209
108,615	0,3935	47,2	0,967	0,905509
111,857	0,3935	48,7	0,969	0,903814
115,097	0,3935	50	0,971	0,905813
118,282	0,3935	51,3	0,972	0,90729
121,462	0,3935	52,6	0,974	0,908656
124,711	0,3935	54	0,975	0,908774

Таблица 3.  $U_{вх}=265В$ 

$U_{вых}, В$	$I_{вых}, А$	$P_{вых}, Вт$	$к\eta$	$КПД$
64,187	0,3935	29,04	0,894	0,869752
67,314	0,3935	30,28	0,901	0,874771
70,453	0,3935	31,65	0,905	0,875932
73,636	0,3935	32,98	0,911	0,878586
76,813	0,3935	34,32	0,915	0,880708
80,047	0,3935	35,66	0,919	0,8833
83,284	0,3935	37,02	0,923	0,885258
86,468	0,3935	38,32	0,925	0,887922
89,631	0,3935	39,66	0,929	0,889304
92,817	0,3935	40,9	0,933	0,892995
96,061	0,3935	42,3	0,935	0,893617
99,313	0,3935	43,6	0,937	0,896323
102,462	0,3935	45	0,94	0,895973
105,633	0,3935	46,3	0,943	0,897766
108,784	0,3935	47,6	0,945	0,899296
111,98	0,3935	48,9	0,948	0,901107
115,148	0,3935	50,3	0,95	0,90081
118,283	0,3935	51,6	0,951	0,902022
122,433	0,3935	52,9	0,952	0,910726
124,57	0,3935	54,2	0,954	0,904397

Результаты измерения коэффициента мощности  $к\eta$  и КПД при изменении выходного тока в диапазоне 100...400 мА представлены на рис. 5, 6 соответственно.

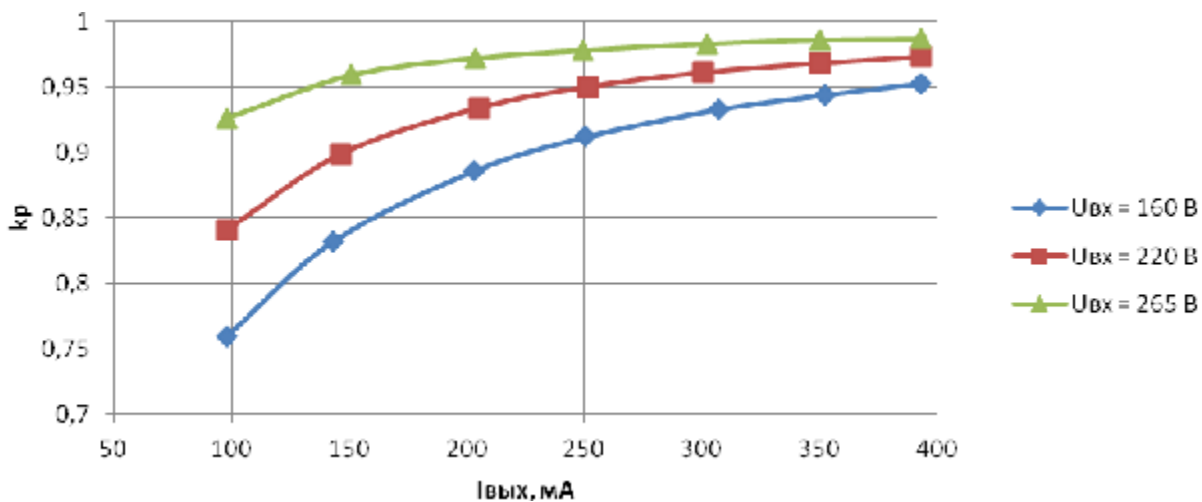


Рис. 5. Зависимость коэффициента мощности от выходного тока

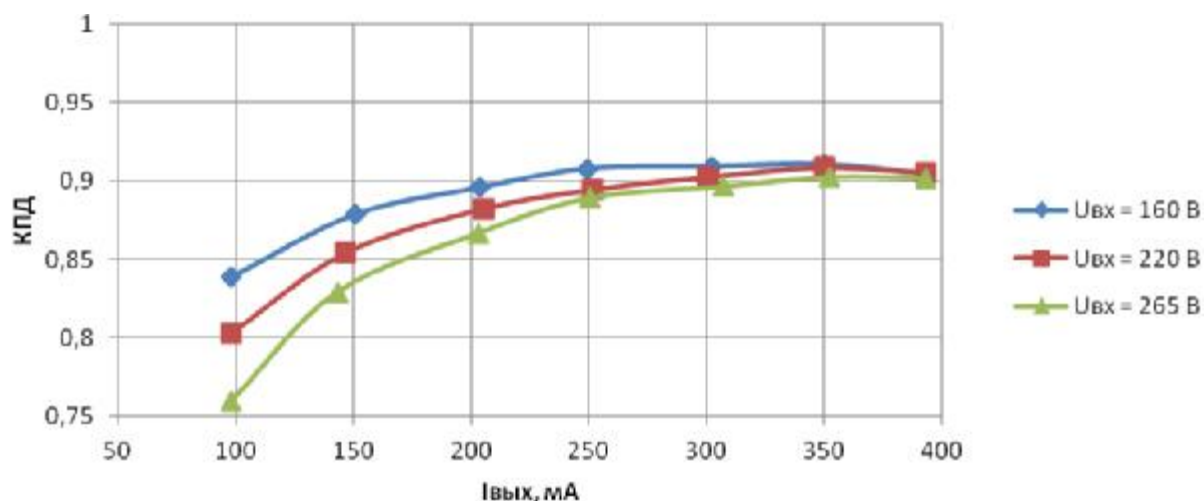


Рис. 6. Зависимость КПД от выходного тока  
 Результаты измерений представлены в табл. 4-6.

Таблица 4.  $U_{\text{вых}}=160\text{В}$

$I_{\text{вых}}, \text{mA}$	$U_{\text{вых}}, \text{В}$	$P_{\text{вых}}, \text{Вт}$	$\kappa\text{р}$	КПД
98,19	110,484	12,93	0,926	0,839012
151,03	113,175	19,45	0,959	0,878808
203,72	115,409	26,25	0,972	0,895662
249,24	117,64	32,3	0,978	0,907758
302,18	118,84	39,5	0,983	0,909141
350,32	120,333	46,3	0,986	0,910476
393,6	121,456	52,84	0,987	0,904714

Таблица 5.  $U_{\text{вых}}=220\text{В}$

$I_{\text{вых}}, \text{mA}$	$U_{\text{вых}}, \text{В}$	$P_{\text{вых}}, \text{Вт}$	$\kappa\text{р}$	КПД
98,18	110,502	13,51	0,841	0,803041
146,76	113,037	19,42	0,899	0,854238
205,45	115,527	26,9	0,934	0,882343
251,58	117,219	32,97	0,95	0,894448
300,74	118,855	39,6	0,961	0,902638
350,36	120,353	46,4	0,968	0,908769
393,6	121,439	52,8	0,973	0,905273

Таблица 6.  $U_{\text{вых}}=265\text{В}$

$I_{\text{вых}}, \text{mA}$	$U_{\text{вых}}, \text{В}$	$P_{\text{вых}}, \text{Вт}$	$\kappa\text{р}$	КПД
98,18	110,46	14,27	0,76	0,759983
143	112,786	19,45	0,832	0,829224
203,21	115,344	27,04	0,886	0,866829
250,62	117,94	33,24	0,912	0,889234
307,41	118,985	40,8	0,933	0,896499
352,31	120,393	47	0,944	0,902461
393,6	121,418	53	0,953	0,9017

## Исследование пульсаций выходного тока на двойной частоте сети

С помощью осциллографа FLUKE 190-202 была получена осциллограмма выходного тока (рис. 7).

На осциллографе был установлен цифровой фильтр 20 кГц. На первом канале (красный цвет) показана переменная составляющая выходного тока, на втором канале (синий цвет) – выходной ток. Измерения проводились при входном напряжении 220 В и выходном напряжении 122 В.

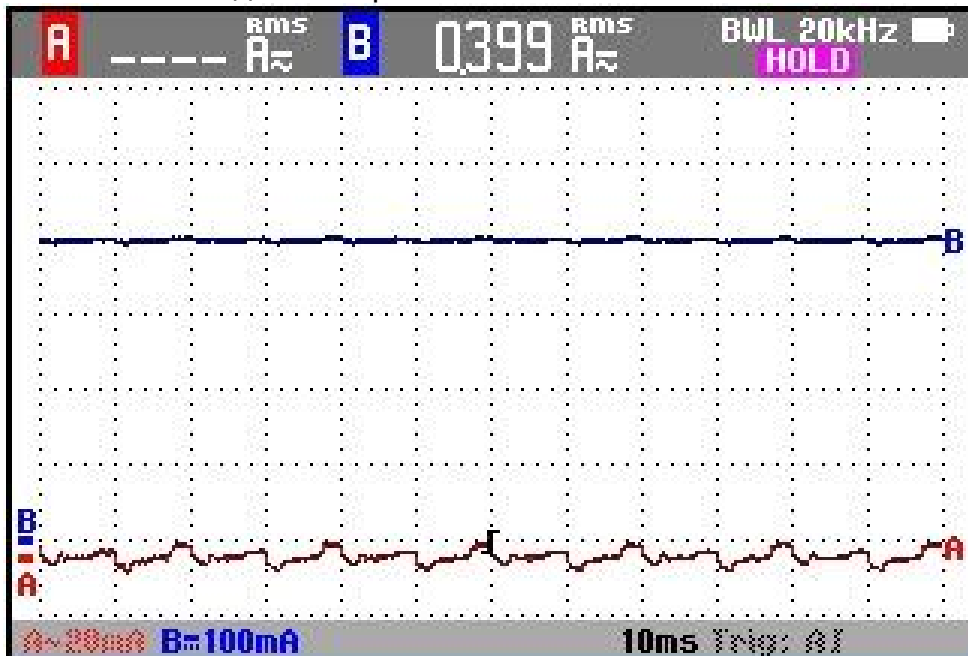


Рис. 7. Осциллограмма пульсаций выходного тока

Величина пульсаций выходного тока на удвоенной частоте сети мала и не может быть измерена посредством применяемого осциллографа, но визуально она составляет не более 0,5%.

Также анализировались пульсации выходного тока на удвоенной частоте сети для разных входных и выходных напряжений, а также для разных выходных токов. Величина пульсаций изменялась крайне незначительно.





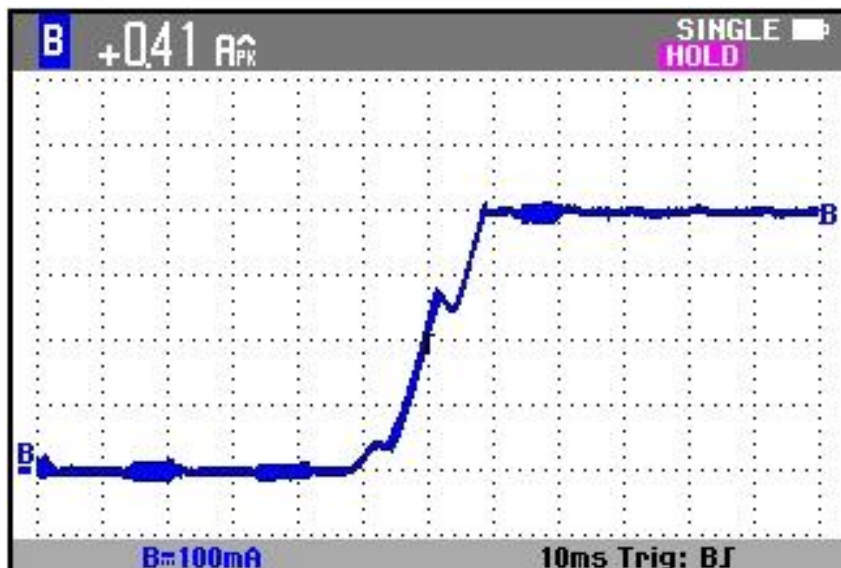


Рис. 10. Осциллограмма режима пуска при входном напряжении 265В, выходном напряжении 122В, выходной ток 400 мА

Были зафиксированы осциллограммы процесса пуска источника тока при входных напряжениях 160 В, 220 В и 265 В и выходном напряжении 67 В, представленные на рис. 11, 12 и 13 соответственно.

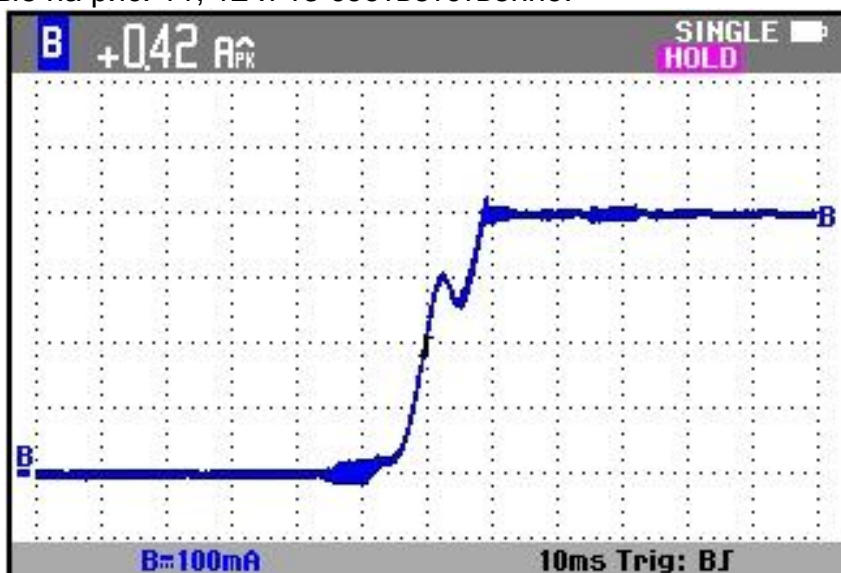


Рис. 11. Осциллограмма режима пуска при входном напряжении 160В, выходном напряжении 67В, выходной ток 400 мА

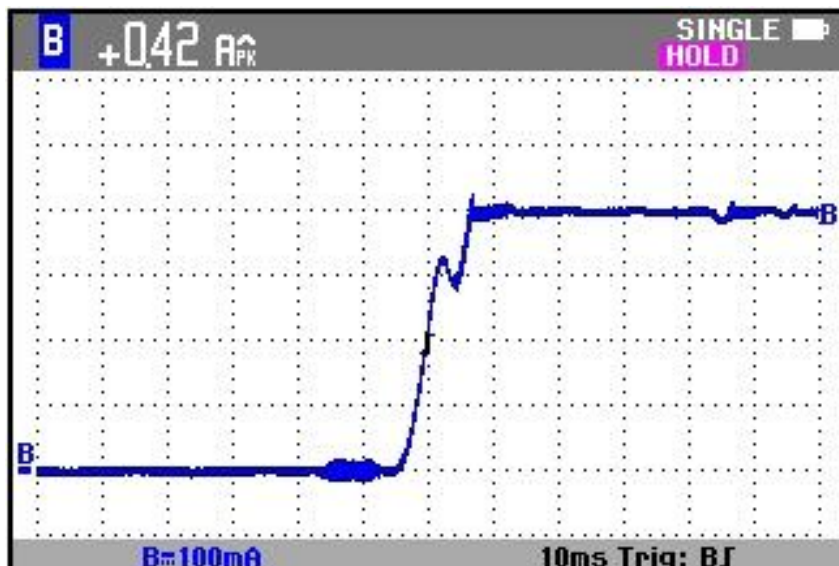


Рис. 12. Осциллограмма режима пуска при входном напряжении 220В, выходном напряжении 67В, выходной ток 400 мА

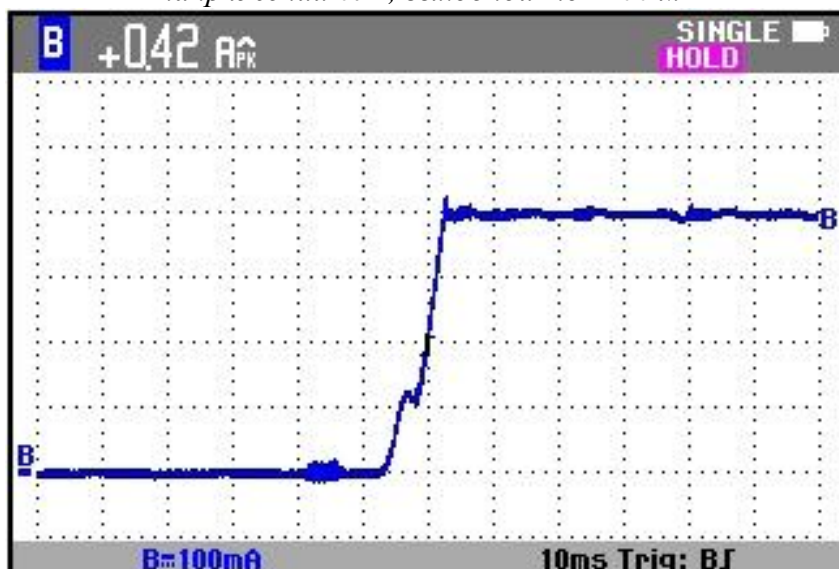


Рис. 13. Осциллограмма режима пуска при входном напряжении 265В, выходном напряжении 67В, выходной ток 400 мА

## Результаты измерения эмиссии радиопомех по сети

Оборудование:

Приемник ESPI3 (Rohde & Schwarz)

Эквивалент сети ENV216 (Rohde & Schwarz)

На рис. 14, 15, 16 представлены результаты тестирования источника на электромагнитную совместимость в режиме выходного напряжения 120В, 95В и 65В и выходного тока 400 мА (фаза) соответственно.

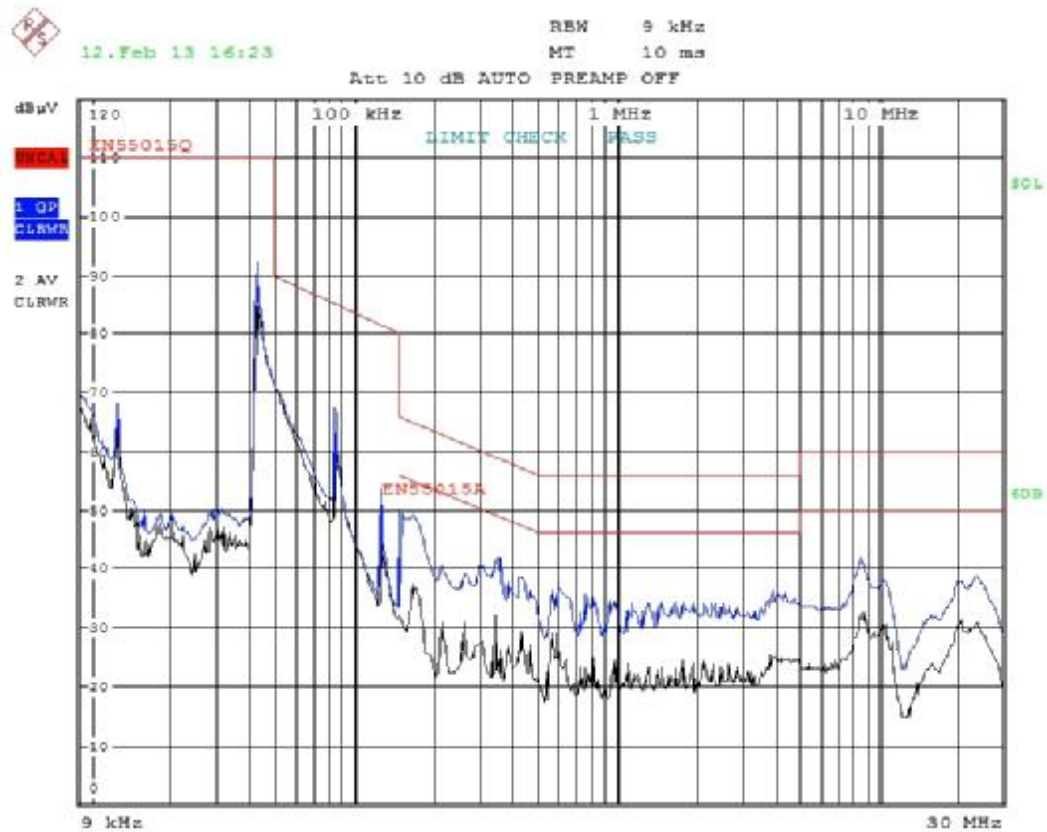


Рис. 14. Результаты тестирования источника тока на электромагнитную совместимость при выходном напряжении 120В, выходном токе 400 мА

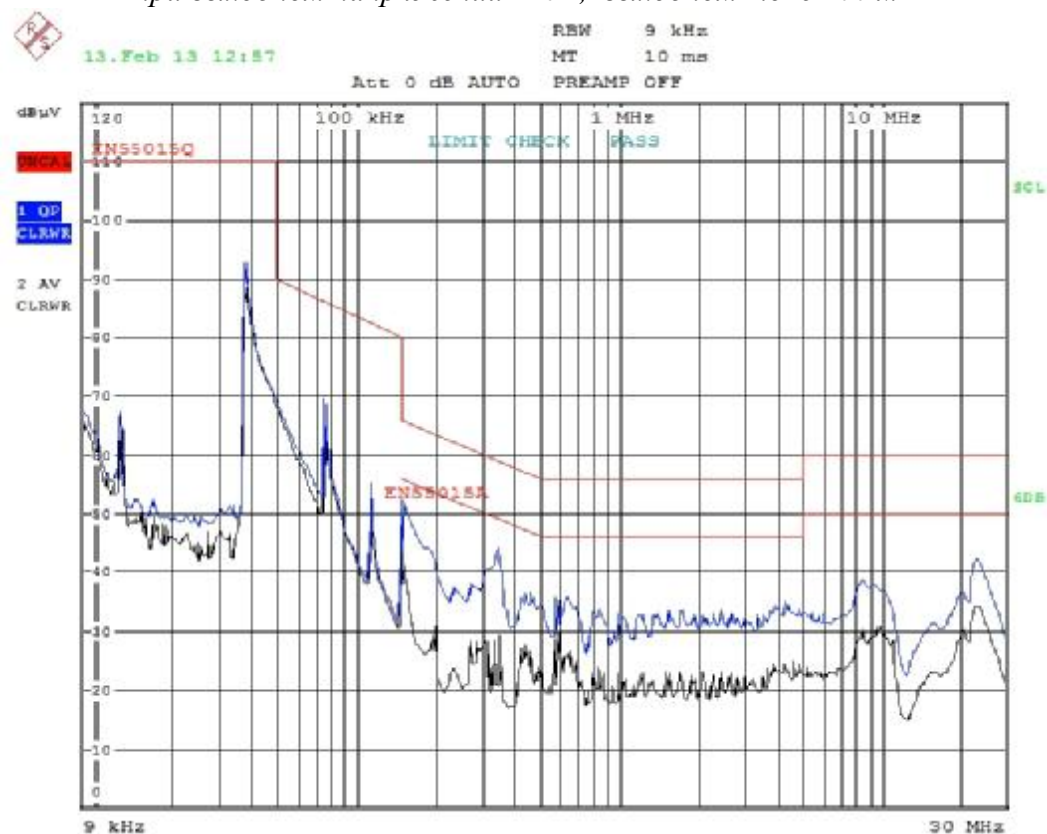


Рис. 15. Результаты тестирования источника тока на электромагнитную совместимость при выходном напряжении 95В, выходном токе 400 мА

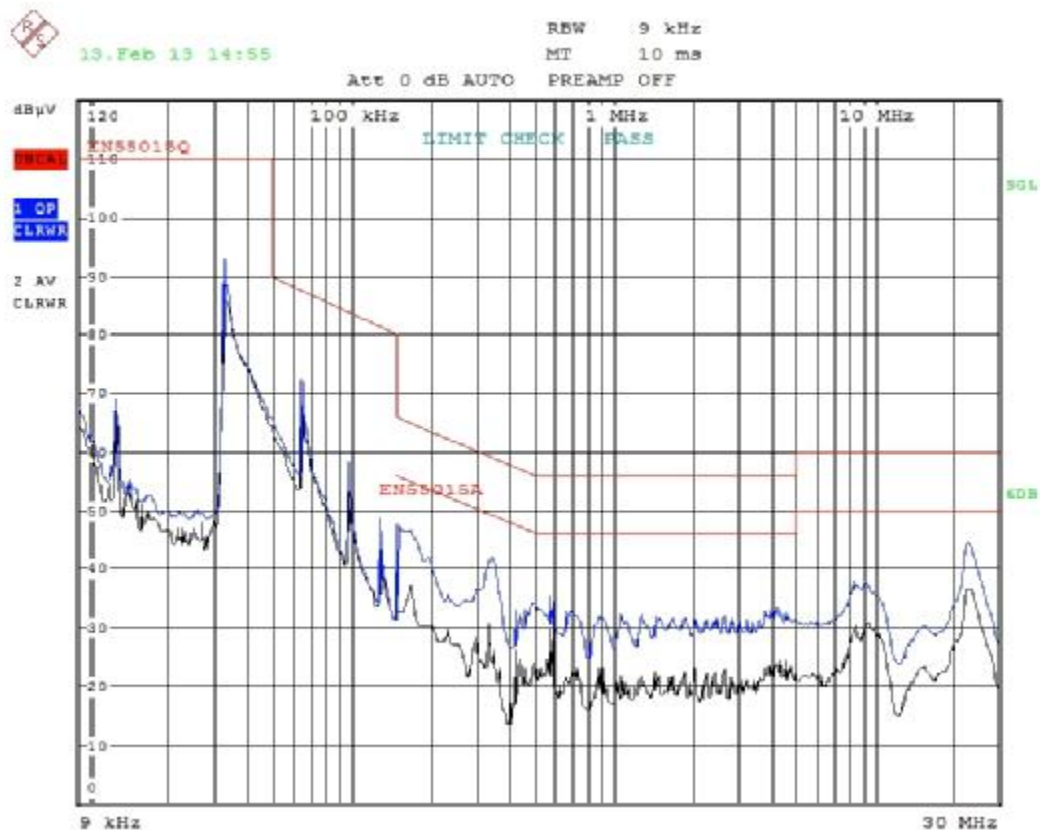


Рис. 16. Результаты тестирования источника тока на электромагнитную совместимость при выходном напряжении 65В, выходном токе 400 мА

Результаты измерения эмиссии радиопомех показывают, что промышленные радиопомехи источника питания как по квазипиковому, так и по среднему значениям, согласно стандарту EN55015A (ГОСТ Р 51318.15-99), входят в допустимый предел на всем диапазоне частот измерений.

## Результаты испытаний на устойчивость к импульсным помехам

Для проведения испытаний на устойчивость к импульсным помехам использовалось оборудование: генератор UCS500M4 производства EM TEST.

### Устойчивость к наносекундным импульсным помехам.

Метод испытаний	IEC 61000-4.4: 2004.
Уровень помех при испытаниях	±2000 В.
Полярность	положительная и отрицательная
Частота повторения	5 кГц
Длительность пачки импульсов	300 мс
Длительность теста	2 мин.

Результаты представлены в таблице 5.

*Таблица 5. Устойчивость к наносекундным импульсным помехам*

Подача импульсов между выводами	Уровень	Метод подачи	Режим работы устройства	Критерий качества функционирования
L,N	±2000 В	прямой	выходное напряжение 122В, выходной ток 400 мА	A
L,PE	±2000 В	прямой		A
N,PE	±2000 В	прямой		A

Во всех режимах подачи импульсов источник тока функционирует по критерию А: нормальное функционирование в соответствии с требованиями, установленными изготовителем.

### Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии.

Метод испытаний	IEC 61000-4.5: 2005.
Уровень помех при испытаниях	±2000 В.
Полярность	положительная и отрицательная
Количество импульсов	5 положительных, 5 отрицательных
Синхронизация	асинхронно
Интервал подачи импульсов	5 с
Длительность теста	2,5 мин.

Результаты представлены в таблице 6.

*Таблица 6. Устойчивость к микросекундным импульсным помехам*

Номер импульса	Подача импульсов между выводами	Уровень	Синхронизация	Режим работы устройства	Критерий качества функционирования
1-5	L,N	+2000 В	асинхронно	выходное напряжение 122В, выходной ток 400 мА	A
6-10	L,N	-2000 В	асинхронно		A
11-15	L,PE	+2000 В	асинхронно		A
16-20	L,PE	-2000 В	асинхронно		A
21-25	N,PE	+2000 В	асинхронно		A
26-30	N,PE	-2000 В	асинхронно		A

Во всех режимах подачи импульсов источник тока функционирует по критерию А: нормальное функционирование в соответствии с требованиями, установленными изготовителем.



## Результаты тепловых испытаний

С помощью тепловизора FLUKE Ti32 были получены термоснимки работающего преобразователя для входных напряжений 160 В, 220 В и 265 В и выходного напряжения 125 В при выходном токе 400 мА, представленные на рис. 17, 18 и 19. Анализ термоснимков представлен в табл. 7-9.

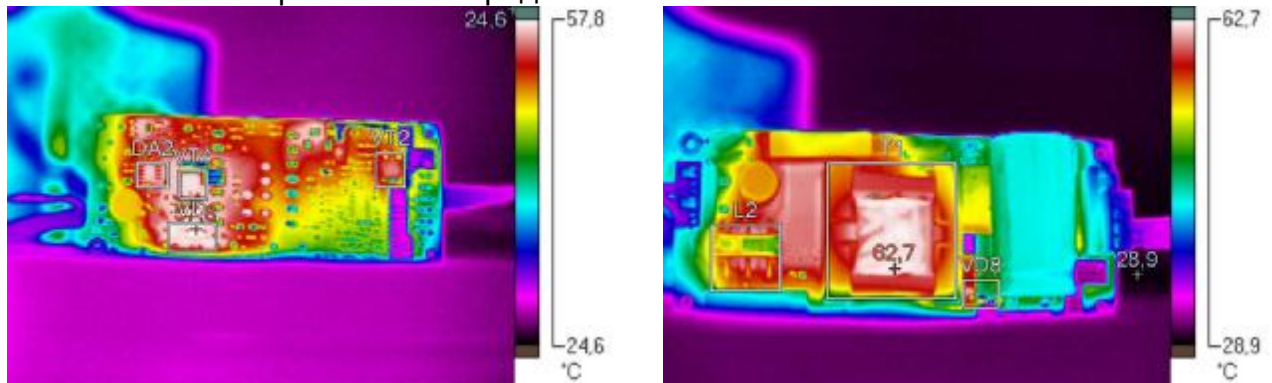


Рис. 17. Термограмма источника тока при входном напряжении 160 В, выходном напряжении 125 В, выходной ток 400 мА

Таблица 7. Анализ термограммы рис. 17

Имя	Сред.	Мин.	Макс.	Фон
VT4	49,5°C	29,6°C	55,9°C	20,1°C
DA2	48,7°C	38,2°C	52,8°C	20,1°C
VT2	42,6°C	28,3°C	49,6°C	20,1°C
VD	51,7°C	31,9°C	57,8°C	20,1°C

Имя	Сред.	Мин.	Макс.	Фон
T1	51,6°C	37,7°C	62,7°C	20,1°C
L2	47,1°C	37,8°C	55,9°C	20,1°C
VD8	42,2°C	30,9°C	56,7°C	20,1°C

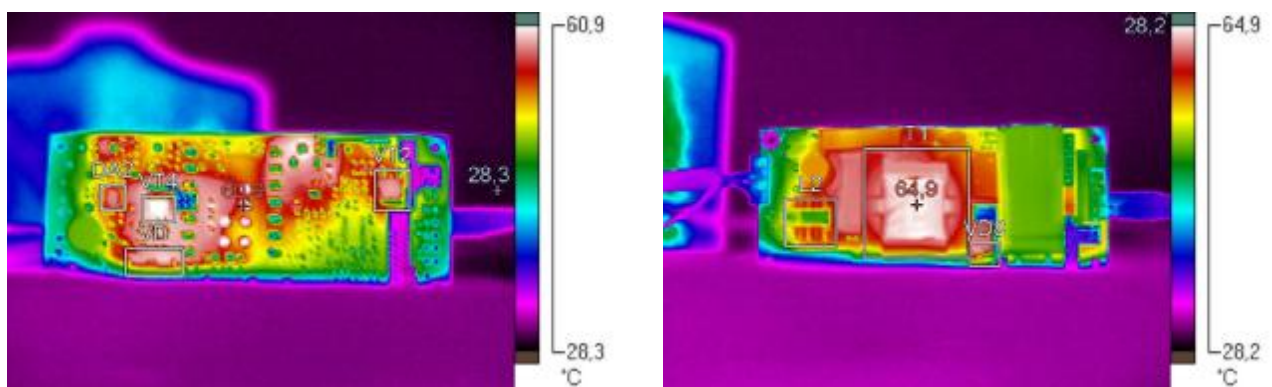


Рис. 18. Термограмма источника тока при входном напряжении 220 В, выходном напряжении 125 В, выходной ток 400 мА

Таблица 8. Анализ термограммы рис. 18

Имя	Сред.	Мин.	Макс.	Фон
VT4	53,3°C	34,9°C	57,9°C	20,1°C
DA2	48,5°C	39,3°C	52,2°C	20,1°C
VT2	45,5°C	30,8°C	53,6°C	20,1°C
VD	47,6°C	32,9°C	56,0°C	20,1°C

Имя	Сред.	Мин.	Макс.	Фон
T1	52,4°C	34,9°C	64,9°C	20,1°C
L2	43,5°C	37,0°C	54,5°C	20,1°C
VD8	42,3°C	30,4°C	56,5°C	20,1°C

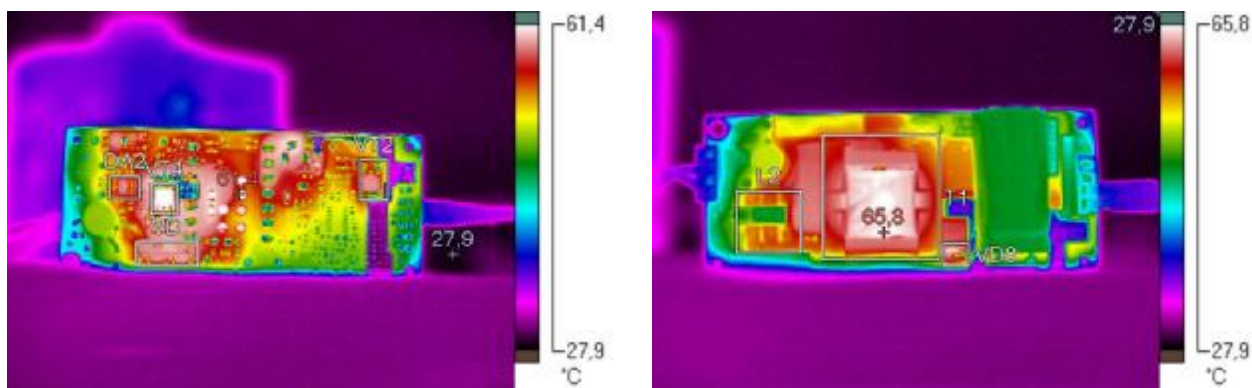


Рис. 19. Термограмма источника тока при входном напряжении 265 В, выходном напряжении 125 В, выходной ток 400мА

Таблица 9. Анализ термограммы рис. 19

Имя	Сред.	Мин.	Макс.	Фон
VT4	52,8°C	33,9°C	58,9°C	20,1°C
VT2	44,0°C	30,0°C	52,3°C	20,1°C
DA2	47,8°C	35,5°C	51,7°C	20,1°C
VD	48,8°C	36,8°C	54,1°C	20,1°C

Имя	Сред.	Мин.	Макс.	Фон
T1	52,3°C	37,1°C	65,8°C	20,1°C
L2	43,8°C	36,2°C	54,8°C	20,1°C
VD8	46,7°C	31,2°C	59,0°C	20,1°C

На рис. 20 представлена термограмма работающего источника тока при входном напряжении 220 В и выходном напряжении 70 В и выходном токе 400 мА. В табл. 10 представлен анализ термоснимка (рис. 20).

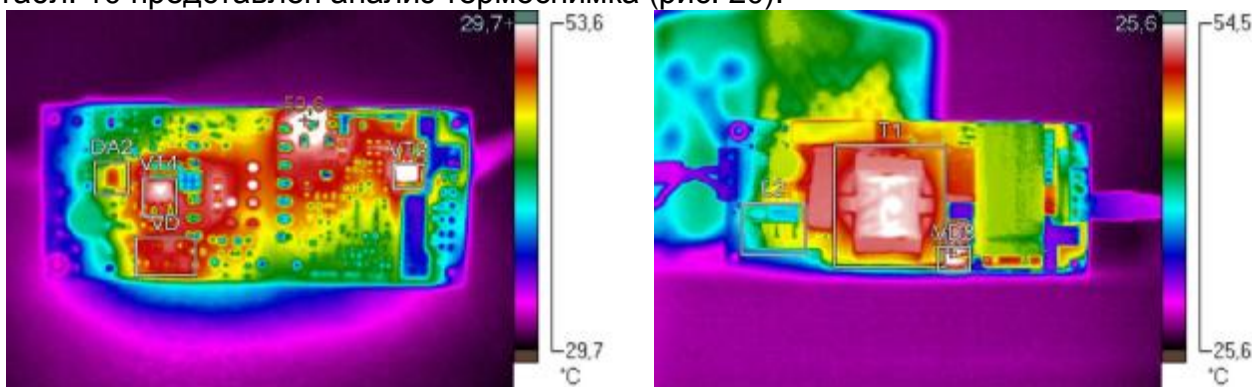


Рис. 20. Термограмма источника тока при входном напряжении 220 В, выходном напряжении 70 В, выходной ток 400мА

Таблица 10. Анализ термограммы рис. 20

Имя	Сред.	Мин.	Макс.	Фон
VT2	46,5°C	35,2°C	52,6°C	20,1°C
VT4	46,6°C	38,6°C	50,2°C	20,1°C
DA2	41,8°C	37,9°C	45,3°C	20,1°C
VD	45,5°C	37,2°C	47,9°C	20,1°C

Имя	Сред.	Мин.	Макс.	Фон
T1	43,4°C	32,1°C	53,3°C	20,1°C
L2	33,8°C	30,0°C	42,7°C	20,1°C
VD8	42,7°C	29,6°C	54,5°C	20,1°C

Максимальный перегрев компонентов на плате (трансформатора Т1) составляет 45,7°C. С учетом максимальной рабочей температуры трансформатора 120°C, это превышает максимальную заявленную рабочую температуру на 24°C.