

Корректировка требований к условиям питания оперативным током цифровых устройств защиты, автоматики и сигнализации

Среди характеристик, определяющих выбор в пользу того или иного цифрового устройства, первостепенное значение имеют те, которые обеспечивают сохранение его работоспособности в условиях реальных изменений параметров источника оперативного питания.

В главе 3.4 действующих ПУЭ [1], регламентирована только одна такая характеристика – *потеря напряжения* –, отражающая статическое изменение напряжения в сторону уменьшения от номинального значения. Однако современные устройства должны отвечать и множеству других требований, регламентированных в стандартах по электромагнитной совместимости, например в [2].

В известной литературе [3, 4]¹, описывающей цифровые устройства релейной защиты нет сведений о характеристиках используемых в них блоков питания (преобразователей оперативного напряжения), а также требований к качеству электроэнергии источника оперативного питания.

Для электрических сетей общего назначения требования к качеству электрической энергии установлены в стандарте [5]. Учитывая невозможность прямого перенесения этих требований на источники оперативного питания в 1997 году был выпущен документ [6]², содержащий раздел 4.5 «Требования к условиям питания оперативным током».

Во вводной части этого РД написано: «...распространяется на микропроцессорные устройства и системы **релейной защиты и автоматики**³..., применяемые на электростанциях, подстанциях и в электрических сетях 6-1150 кВ...». Выполнение требований раздела 4.5 данного документа в серийно выпускаемых устройствах ЦРЗА подробно проанализировано в работе [7].

Хотя формально документ [6] не распространяется на **цифровые устройства центральной сигнализации** [8], но представляется полезным «примерить» изложенные в нём требования к данному классу устройств (табл. 1).

Первый вывод, который можно сделать из табл. 1 – ни одно из устройств центральной сигнализации не отвечает в полном объёме требованиям, предъявляемым документом [6] к условиям питания оперативным током. Однако на наш взгляд, это вызвано **необоснованными требованиями и ограничениями**, установленными в РД.

Например, в п. 4.5.1 записано такое требование: «Электропитание устройств...должно производиться от сети оперативного постоянного тока с аккумуляторной батареей или от сети выпрямленного оперативного тока». Таким образом, оказывается, что в РД не предусмотрено использование переменного оперативного тока [9] для питания цифровых устройств, хотя количество подстанций, использующих такой оперативный ток, непрерывно увеличивается.

¹ См., например, [3], глава 13; [4], глава 22

² Изменение №1, выпущенное в 1998 году, не касается раздела 4.5

³ Выделено автором.

Учитывая требования потребителей, производители цифровых устройств, первоначально предназначенных только для питания от сети постоянного оперативного тока, предлагают схемы включения устройств в сеть переменного оперативного тока. Для сохранения ряда самых важных характеристик цифровых устройств⁴, а также для обеспечения нормальной работы каналов импульсной сигнализации, в таких схемах используют внешний источник выпрямленного напряжения с фильтром или буферной аккумуляторной батареей (рис. 1). Фактически к сети переменного тока подключен только модуль питания блока (контакты 01 и 02 соединителя «8»), все остальные элементы схемы получают питания от шин постоянного тока.

В рассматриваемой схеме предусмотрены кнопки *S1-S4* для контроля исправности каналов импульсной сигнализации КИС1 – КИС4, кнопки *S5,S6* для квитирования световой и звуковой сигнализации.

Внешние аналоговые сигналы подключают к соответствующим парам шин – Общ. 1 и Ш3, Общ. 1 и Ш4, Общ. 2 и Ш1, Общ. 2 и Ш2. Внешние дискретные сигналы – на входы 1 – 32 и шинки Общ. 1 и Общ. 2.

Для упрощения рисунка на нём не показаны подключения выходных дискретных сигналов и последовательных каналов связи с АСУ и ПЭВМ.

Необходимо обратить внимание на то, что в рассматриваемом РД установлены требования не к характеристикам **сети выпрямленного оперативного тока** (см. шинки «+» и «-» на рис. 1), а к характеристикам первичной сети, питающей выпрямитель (на рис. 1 это сеть «~ 220 В»).

В частности, в п.4.5.7 этого РД установлено требование к **несимметрии трёхфазного напряжения** (не более 20%) и допустимому длительному **отклонению его частоты** от номинального значения ($\pm 0,5$ Гц). В то же время, к цифровым устройствам в п. 4.5.8 этого РД предъявляется требование сохранения работоспособности при изменении частоты питающей сети на $\pm 5,0$ Гц без ограничения длительности.

Следует также обратить внимание на то, что в действующем РД не предусмотрено использование сетей оперативного постоянного тока напряжением 110 В (для аккумуляторных батарей в п. 4.5.5 предусмотрено только одно номинальное значение напряжения – 220 В) и переменного тока напряжением 100 В.

Согласно действующему РД, цифровые устройства сигнализации должны выполнять свои функции и при отклонениях напряжения и частоты оперативного питания от номинальных значений. Соответствующие требования РД и фактические характеристики цифровых устройств отражены в табл. 2.

В руководстве по эксплуатации устройства «**Бреслер-0107.05**» [10] о требованиях к уровню пульсаций написано следующее: «Уровень пульсации неважен, даже однополупериодного напряжения достаточно

⁴Например, для обеспечения фиксации моментов времени возникновения контролируемых событий с дискретностью 1 мс.

для нормального питания терминала. Однако это же напряжение⁵ используется для питания выходных реле терминала, поэтому вводится понятие номинального напряжения питания терминала **U п.н.**, при понижении которого происходит увеличение времени срабатывания реле....Для сохранения работоспособности выходных реле **U п.н не должно понижаться более, чем на 30%»**⁶.

Приведенная цитата позволяет утверждать, что фактически нижняя граница диапазона изменения напряжения питания должна быть не менее 154 В, а не 76 В, как указано в документации на устройство и приведено в табл. 2.

Отметим, что для устройств, в которых выходные реле запитаны от внутреннего преобразователя оперативного питания, подобной проблемы для собственных выходных реле не существует. Тем не менее, остается актуальной проблема обеспечения времени срабатывания внешних реле, управляемых контактами выходных реле устройства (на рис. 1 выходные реле и их контакты не показаны), при изменении напряжения оперативного питания.

Поэтому нижнее значение напряжения питания, которое указывают производители, по существу показывают возможности блока питания устройства. Его нельзя использовать в качестве нижнего значения диапазона допустимого снижения оперативного напряжения, при котором все элементы системы должны корректно работать.

В случае снижения напряжения оперативного питания ниже 70% номинального, устройство должно перейти в режим ожидания восстановления напряжения оперативного питания и быть готово к полному его исчезновению. Для этого в устройствах ЦРЗА должен быть предусмотрен контроль напряжения оперативного питания.

Кстати, в [1], п. 3.4.20 написано: «Устройства релейной защиты, автоматики и управления ответственных элементов должны иметь постоянно действующий контроль состояния цепей питания оперативным током»

В РД [6] не предусмотрен постоянный оперативный ток с номинальным напряжением 110В, что позволяет изготовителям указывать разные значения времени в течение которого обеспечивается устойчивость устройства к 100% перерывам напряжения питания [0,2 с (для **БМЦС**) или 0,3 с (для «**Бреслер- 0107.05**»)].

Некоторые производители цифровых устройств центральной сигнализации для обеспечения их работы при перерывах питания продолжительностью более 0,5 с, предлагают использовать внешние накопители энергии – блоки конденсаторные [11], но использование такого технического решения не предусмотрено в РД [6].

⁵ Т.е. на катушки выходных реле подаётся оперативное напряжение, поступающее на сетевой вход цифрового устройства центральной сигнализации.

⁶ Снижение напряжения оперативного напряжения ниже 30% влияет и на работу входных дискретных сигналов, для которых значение напряжения устойчивого срабатывания находится в диапазоне от 0,6 до 0,7 номинального.

Внешние накопители энергии могут подключаться либо к специальным выводам цифровых устройств (рис. 6, а, б), либо последовательно в цепь оперативного питания (рис. 6, в). Подключение конденсаторных батарей позволяет увеличить устойчивость устройства к 100% перерывам питания до 10 с (при нормальных климатических условиях). Наличие такого накопителя позволяет устройству при потере оперативного питания отработать все выдержки времени, предусмотренные программой обработки входных и формирования выходных сигналов, ответить на запросы и выполнить команды, передаваемые по каналам связи с АСУ.

Кроме этого, использование внешних накопителей энергии снижает чувствительность цифровых устройств к пульсациям напряжения оперативного питания.

Увеличение времени допустимого перерыва питания за счёт применения внешних накопителей энергии, требует выбора аппаратов защиты с учётом пусковых токов, сопровождающих подачу напряжения.

Сравнение характеристик цепей питания различных цифровых устройств центральной сигнализации позволяет утверждать, что они отвечают практически всем требованиям, предъявляемым РД [6] к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем.

На основании изложенного предлагается распространить действие данного РД на рассматриваемые устройства, а раздел 4.5 РД изложить в предлагаемой ниже редакции, позволяющий исключить необоснованные требования и ограничения:

4.5 Требования к цепям оперативного питания

4.5.1 Электропитание цифровых устройств релейной защиты, автоматики и сигнализации (далее – ЦРЗА) должно производиться от сети постоянного, выпрямленного или переменного тока.

Номинальное напряжение сети постоянного (выпрямленного) оперативного питания – 220 В, 110 В или 48 В⁷.

Номинальное напряжение сети переменного оперативного питания – 220 В или 100 В.

4.5.2 ЦРЗА должны быть устойчивы к перерывам оперативного питания длительностью не менее:

- 0,5 с – при номинальном напряжении 220 В;*
- 0,2 с – при номинальном напряжении 110 или 100 В;*
- 0,1 с – при номинальном напряжении 48 В.*

Для увеличения устойчивости к перерывам оперативного питания допускается использовать внешние накопители энергии.

4.5.3 ЦРЗА должны быть устойчивы к провалам напряжения оперативного питания до 45% номинального значения длительностью до 1,5 с.

4.5.4 ЦРЗА должны сохранять работоспособность при:

- наличии пульсаций напряжения оперативного питания до 12%;*
- изменении частоты сети оперативного питания на $\pm 10\%$ от номинального значения;*
- провалах напряжения оперативного питания до 20% от номинального значения без ограничения длительности;*

⁷ При использовании необслуживаемых аккумуляторных батарей.

- выбросах напряжения оперативного питания до 10% от номинального значения без ограничения длительности.

4.5.5 ЦРЗА не должны повреждаться при подаче оперативного напряжения обратной полярности.

4.5.6 ЦРЗА не должны отказывать или ложно срабатывать при подключении и/или отключении источника оперативного питания.

4.5.7 Независимо от длительности нахождения ЦРЗА без питания оно должно сохранять работоспособное состояние, заданные параметры (уставки и конфигурации) после восстановления оперативного питания.

Допускается устанавливать продолжительность нахождения ЦРЗА без питания, после которого возможно нарушение хода часов астрономического времени, а также утрата аварийной, накопительной и подобной информации, не влияющей на выполнение ЦРЗА своих функций.

4.5.8 В документации ЦРЗА и внешних накопителей энергии должны быть указаны амплитуда и продолжительность пускового тока, возникающего при включении питания.

4.5.9 Устройства ЦРЗА должны быть снабжены датчиками контроля напряжения оперативного питания.

Литература

1. Правила устройства электроустановок. М.: Главгосэнергонадзор России, 1998. 648 с.
2. ГОСТ Р 51317.4.11-99 (МЭК 61000-4-11-94) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к динамическим изменениям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний.
3. Басс Э.И., Дорогунцев В.Г. Релейная защита электроэнергетических систем. М.: Издательство МЭИ, 2002, 296с.
4. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем. М.: Энергоатомиздат, 1998, 800 с.
5. ГОСТ 13109-97. Качество электрической энергии. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения
6. РД 34.35.310-97. Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем. М., ОРГРЭС, 1997, 36 с.
7. Гондуров С.А., Захаров О.Г. Требования к оперативному питанию цифровых устройств релейной защиты и автоматики. // Энергия и менеджмент, сентябрь-октябрь, 2005
8. Захаров О.Г. Сравнивая цифровые устройства сигнализации БМЦС и «Сириус-ЦС» // Сибирский промышленник. Западно-Сибирский регион. Июнь 2005 .с. 46
9. Гельфанд Я. С., Голубев М Л., Царев М. И. Релейная защита и электроавтоматика на переменном оперативном токе. Под общ. ред. М. И. Царева. Изд. 2-е, перераб. М., «Энергия», 1973. 280 с .
10. Микропроцессорный блок центральной сигнализации «Бреслер 0107.05». Техническое описание и руководство по эксплуатации. Чебоксары, 2008.

11. Приложение Б. Подключение внешних накопителей
[/http://yanvictor.narod.ru/rele/bmrz/bmrz_100_re.pdf](http://yanvictor.narod.ru/rele/bmrz/bmrz_100_re.pdf)

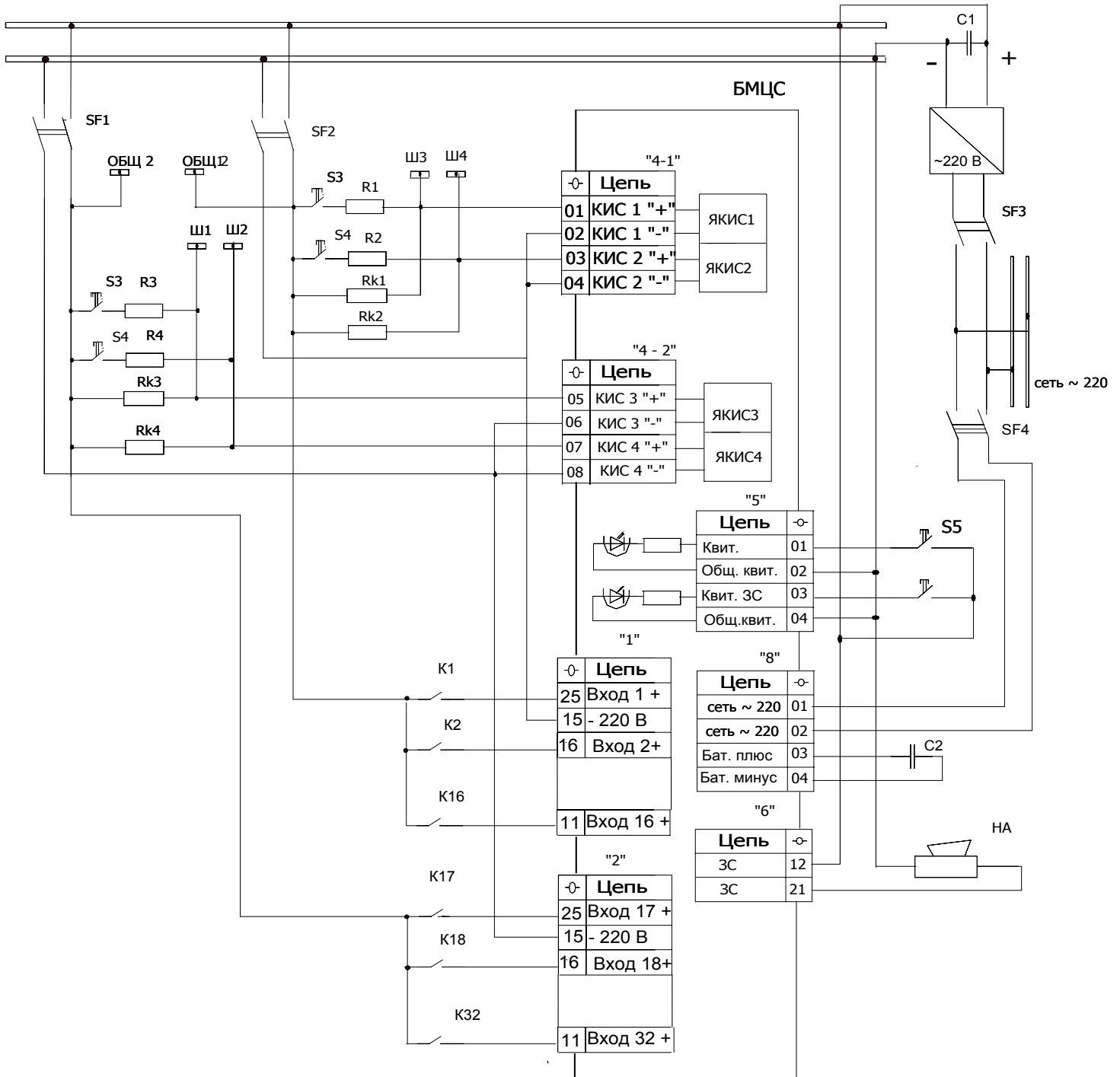
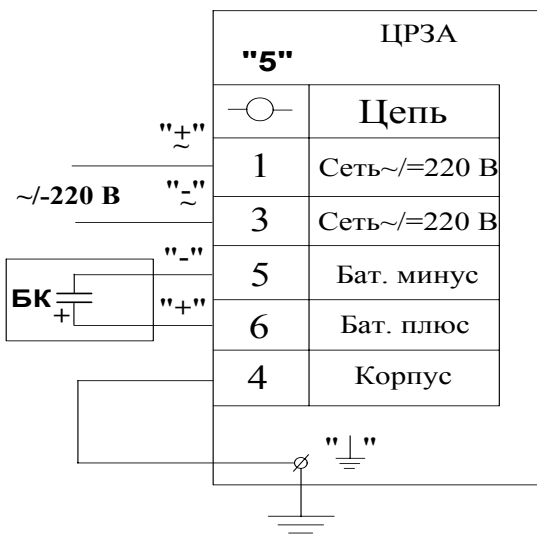
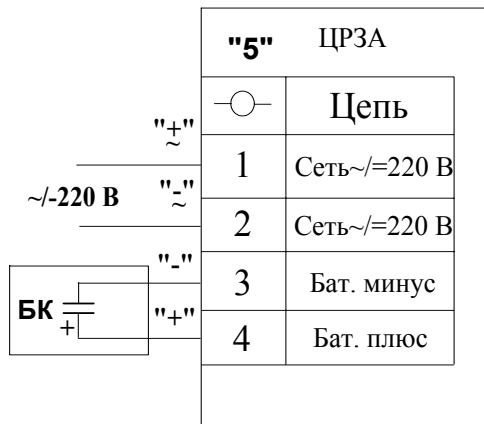


Рис. 1 Подключение устройства **БМЦС** к сети переменного оперативного тока

а)



б)



в)

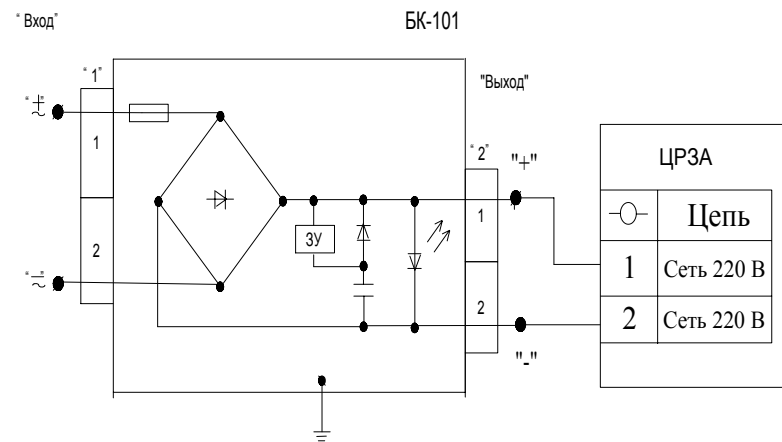


Рис. 2 Подключение внешних накопителей энергии:
 а, б – к специальным выводам; в – последовательно в цепь питания.

Таблица 1. Требования к условиям питания оперативным током⁸

Оперативный ток:	РД [6]	БМЦС	Сириус – ЦС	ТЦС-100	Бреслер-0107.05
- выпрямленный	380/220 ⁹	220 В	220 В	220 В	220 В
- переменный:	отсутствует	+	+	+	+
- номинальное напряжение, <i>U</i> ном		220 В	220 В	220 В	220 В
- номинальная частота, <i>F</i> ном		50	50	50	50
- постоянный:	+	+	+	+	+
- номинальное напряжение, <i>U</i> ном	220 В	110 В/220 В	110 В/220 В	220 В	220 В

Таблица 2 . Устойчивость к изменению напряжения и частоты оперативного тока

Характеристика	РД [6]	БМЦС	Сириус – ЦС	ТЦС-100	Бреслер-0107.05
Диапазон изменения напряжения:					
переменное	отсутствует			(86-260)	(76-270) ⁵
для <i>U</i> ном =220 В	+10%;- 15%	(88-264) В	(178-242) В	(86-260)	(83-270) ⁵
выпрямленное	+10%;- 20%	(88-132) В	(88-132) В	(86-260)	(83-270) ⁵
для <i>U</i> ном =110 В	отсутствует	(88-132) В	(88-132) В	(86-260)	(83-270) ⁵
постоянное	отсутствует	(88-132) В	(88-132) В	(86-260)	(83-270) ⁵
для <i>U</i> ном =100 В	отсутствует	(88-132) В	(88-132) В	(86-260)	(83-270) ⁵
переменное	отсутствует	(88-132) В	(88-132) В	(86-260)	(83-270) ⁵
Диапазон изменения частоты:	(45-55) Гц	(45-55) Гц	(45-55) Гц	(45-55) Гц	(45-55) Гц
Устойчивость к провалам напряжения:					
для <i>U</i> ном =220 В,	0,5 с	0,5 с	0,5 с	0,5 с	0,3 с
до 100% <i>U</i> ном	0,5 с	0,2 с	₁₀	0,5 с	0,3 с
для <i>U</i> ном =110 В (100 В)	1,5 с	>>1,5 с	₄	>>1,5 с	>>1,5 с
до 45% <i>U</i> ном	1,5 с	>>1,5 с	₄	>>1,5 с	>>1,5 с
Уровень пульсаций	12%	12%	₄	₄	₁₁

⁸ Название таблицы повторяет название раздела 4.5 РД [6].

⁹ Указано напряжение сети, от которой получает питание выпрямитель.

¹⁰ Данные отсутствуют

¹¹ См комментарий к таблице