

ТРЕБОВАНИЯ К ОПЕРАТИВНОМУ ПИТАНИЮ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

С.А.Гондунов, О.Г.Захаров, НТЦ “Механотроника”

В настоящее время доля цифровых устройств релейной защиты и автоматики (ЦРЗА) [1] составляет около 1,5% [2] всех находящихся в эксплуатации. Однако на новых, а также в рамках технического перевооружения и реконструкции действующих энергетических объектов предпочтение отдаётся именно ЦРЗА. Например, при заказе нового оборудования для сетей напряжением 6(10) кВ доля ЦРЗА в настоящее время доходит до 80%, а в сетях напряжением 110 и 220 кВ — до 60% [3].

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

В [1, гл.3.4] регламентирована только одна такая характеристика — *потеря напряжения*, отражающая статическое изменение напряжения в сторону уменьшения от номинального значения. Но современные устройства должны отвечать и множеству других требований, регламентированных в стандартах по электромагнитной совместимости, например в [4].

В известной литературе, например [5, 6], описывающей цифровые устройства релейной защиты, нет сведений о характеристиках используемых в них блоков питания, а также о требованиях к качеству электроэнергии от источника оперативного питания. Требования к источнику оперативного питания изложены в разделе 4.5 “Требования к условиям питания оперативным током” [6]. Например, требования к блоку питания ЦРЗА сформулированы в нём так: “Блок питания должен работать от постоянного или выпрямленного оперативного тока с номинальным напряжением 220 В, обеспечивая уровни и качество входных напряжений в соответствии с требованиями электронных компонентов ... при возможных в эксплуатации изменениях напряжения внешнего питания” [6, с. 8].

Известны материалы, в которых сравниваются отдельные характеристики цифровых устройств релейной защиты, в том числе и характеристики цепей питания, однако работы, в которых произведено сравнение всех характеристик цепей питания, отсутствуют. Учитывая сказанное, представляется целесообразным сопоставить характеристики цепей питания различных ЦРЗА с требованиями, установленными в [6].

Обратим внимание, что в [6] установлены требования к параметрам первичной сети, питающей выпрямители:

- номинальное напряжение первичной сети питания выпрямителя оперативного тока — 380 или 220 В;
- допустимое длительное отклонение частоты — $\pm 0,5$ Гц;
- допустимое длительное отклонение напряжения — +10%, –15%.

Рассматривая эти требования, необходимо отметить:

- номинальное напряжение выпрямителя на стороне переменного тока не определяет номинального значения напряжения, поступающего с выпрямителя на устройства ЦРЗА, поэтому включение этой характеристики в [6] необосновано;
- согласно [6, п.4.5.8], ЦРЗА должны работать при длительном изменении частоты на ± 5 Гц, что в десять раз больше длительного отклонения частоты, указанного в п.4.5.7, и равного $\pm 0,5$ Гц. Налицо явное противоречие в требованиях;
- обеспечить соблюдение указанных в РД отклонений напряжения возможно только в том случае, когда выпрямитель оперативного питания подключен к независимому источнику электроэнергии.

Поэтому представляется нецелесообразным вводить в РД требования к параметрам первичной сети, питающей выпрямитель, а лучше применять выпрямительные агрегаты, обеспечивающие поддержание выходного напряжения с требуемой точностью при больших отклонениях напряжения (например, +20%, -20%).

В качестве первой характеристики цепей питания в [6] выбрано *номинальное напряжение оперативного питания*, равное 220 В. Необходимо отметить, что разделение в [6] сетей *оперативного постоянного тока с аккумуляторной батареей* и *выпрямленного оперативного тока* не имеет под собой реальных оснований, и поэтому в данной статье не рассматривается.

Практически все производители выпускают ЦРЗА на номинальное напряжение 220 или 110 В, выбор между которыми нужно делать при заказе (табл. 1).

В [6] установлены следующие *длительно допустимые отклонения напряжения оперативного питания* с номинальным значением 220 В:

Род тока	Значения напряжения, В	
	Максимальное	Минимальное
Постоянный	242 (220 + 10%)	176 (220 – 20%)
Выпрямленный	242 (220 + 10%)	187 (220 – 15%)

Блоки (табл. 1), имеющие нижнюю границу диапазона изменения напряжения оперативного питания, превышающую минимальное значение **176 В** (для постоянного напряжения 220 В) или **187 В** (для выпрямленного напряжения 220 В), не соответствуют требованиям, установленным в [6].

На практике для питания устройств с номинальным напряжением 220 В используют ещё и источники (см. табл. 1) **переменного** оперативного тока, требования к которым в [6] отсутствуют.

В связи с тем, что диапазон изменения напряжения питания при номинальном напряжении 110 В не регламентирован в [6], на практике производители устанавливают его самостоятельно (см. табл. 2): одни — для нижней и верхней границы диапазона одинаковое процентное отклонение ($\pm 20\%$) от номинального значения 110 В (88–132 В), а другие — разное (-20% , $+10\%$), соответствующее диапазону 88–121 В. В практике известны случаи, когда ЦРЗА, рассчитанные для работы при максимальном напряжении 242 В, отказывали при повышении напряжения до 243 В.

В [6] к условиям питания оперативным током предъявляется общее для сетей любого типа требование:

“Устройства ... должны сохранять заданные функции без изменения параметров и характеристик срабатывания при перерыве питания длительностью 0,5 с”.

Необходимо обратить внимание на то, что обеспечение устойчивости устройств к перерывам питания особо подчёркивается некоторыми производителями в рекламе новых разработок. Важность характеристики **устойчивость ЦРЗА к перерывам питания** можно оценить по следующей цитате, в которой описываются возможные последствия перерыва питания для ЦРЗА, не допускающего этого:

“В исключительных случаях, которые могут быть вызваны пропаданием напряжения оперативного питания именно в момент перезаписи значений уставок в энергонезависимую память, может произойти повреждение информации в памяти уставок. Так как при этом устройство перестаёт выполнять свои функции, то оно блокируется и выдаёт сигнал “Отказ”. Восстановление работоспособности производится с помощью клавиатуры устройства без его вскрытия и демонтажа. Следуя указаниям на индикаторе, необходимо произвести перезапись всех уставок в энергонезависимой памяти устройства с обязательным последующим вводом необходимых значений и их проверкой” [7].

Для исключения такой ситуации в ЦРЗА предусматривают узлы (точки) контроля напряжения оперативного питания (КНП). Если точка КНП

(рис. 1) расположена до блока питания, то описанная ситуация не может возникнуть в принципе, так как напряжения на выходе блока питания сохраняются не менее 0,2 с после исчезновения напряжения оперативного питания. Этого времени более чем достаточно для перезаписи данных, которые должны быть сохранены.

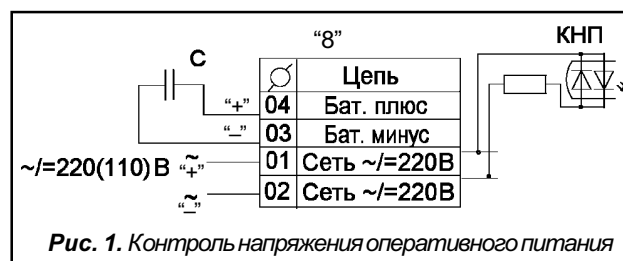


Рис. 1. Контроль напряжения оперативного питания

Для увеличения устойчивости к провалам напряжения до 10 с в некоторых блоках предусмотрена установка внешнего накопителя энергии — конденсаторного блока **С** (рис. 1), который поставляется по отдельному заказу и может использоваться с любыми ЦРЗА. Повышение устойчивости необходимо, прежде всего, для того, чтобы ЦРЗА успевало после исчезновения питания отработать заданную выдержку времени (в случае срабатывания защиты) до формирования сигнала на отключение выключателя.

Для ЦРЗА, получающих питание от сети выпрямленного оперативного тока, в [6] установлено, в соответствии со стандартом [4], ещё одно требование — **устойчивость к провалам напряжения до 45% $U_{ном}$ продолжительностью до 1,5 с**. В табл. 2 приведены устройства, отвечающие этому требованию с **большим запасом** (до 60% $U_{ном}$ в течение не менее 2 с).

В электроустановках без постоянного или выпрямленного оперативного напряжения целесообразно

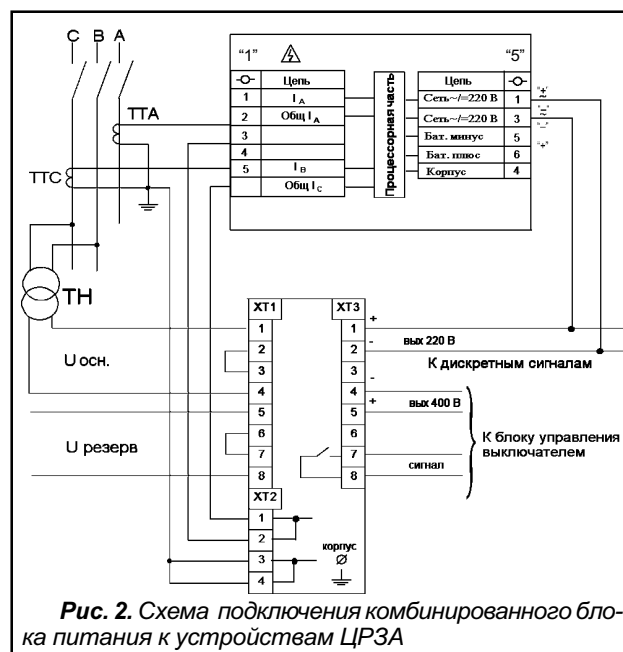


Рис. 2. Схема подключения комбинированного блока питания к устройствам ЦРЗА

Параметр, характеристика	БМРЗ	Сириус-2	SPAC 810	Seram 1000 ⁺	МІСОМ	ТЭМП	Госан
1. Параметры и характеристики, требования к которым регламентированы в [8]							
1.1. Блок (модуль) питания цифрового устройства РЗА							
Диапазон напряжения, В							
U _{ном} = 220 В	Пр (56–270) Пс (80–380)	(178–242)	(88–242)	(176–242) ¹	(198–242) ¹	(88–242)	Пр. (150–350) Пс.(140–250)
U _{ном} = 110 В	Пс (40–185) Вп (88–132)	(88–132)	По заказу	(88–121) ²	(88–121) ²	U _{ном} = 110 В	(66–135) В
Род тока цепей питания							
U _{ном} = 220 В	Пс/Пр/Вп ³	Пс/Пр	Пс/Пр/Вп	Пс/Пр/Вп	Пс/Пр/Вп	Пс/Пр/Вп	Пс Пр/Вп
U _{ном} = 110 В	Пс/Вп	Пс/Пр	Пс/Пр/Вп	Пс	Пс	Пс/Пр	Пс
Устойчивость к 100% провалам напряжения, с							
U _{ном} = 220 В	0,5 с	0,5 с	0,01 с	0,02 с	0,05 с	При 88 В не менее 0,2 с	0,2 с
U _{ном} = 110 В	0,2 с	0,2 с	0,01 с	0,02 с	0,05 с		Не регламент.
Устойчивость к частичным провалам напряжения ⁴							
U _{ном} = 220 В	> 2 с 60% U _{ном}	До 160 В — длит.	До 88 В — длит.	До 176 В — длит.	До 198 В — длит.	До 88 В — длит.	> 1 мин (50% U _{ном})
U _{ном} = 110 В	> 2 с 60% U _{ном}	До 75 В — длит.	До 88 В — длит.	До 88 В — длит.	До 88 В — длит.	До 88 В — длит.	1 мин (50% U _{ном})
Устойчивость к изменению частоты							
	(45–55) Гц, длит. ⁵	(45–55) Гц ⁵	Номин. 50 Гц	(47,5–63) Гц ⁶	(45–65) Гц ⁶	(45–55) Гц	(45–55) Гц
Уровень пульсаций выпрямленного напряжения, %, для							
питания блока	Не огранич.	Не огранич.	12	12	12	Не огранич.	Не регламент.
1.2. Электрические цепи модуля (блока) питания цифрового устройства РЗА							
Сопротивление изоляции ⁶ , МОм							
	100 ⁷ /1 ⁷	100 ⁷ /1 ⁷	10 МОм	Не регламент.	Не регламент.	100	ГОСТ Р 51350-99
Напряжение мегаомметра при измерении сопротивления изоляции, В							
	2500	1000	500	Не регламент.	2800	500	500
Испытание электрической прочности изоляции напряжением частотой 50 Гц, В							
	2000	2000	1600	2000	2000	2000	2000
Испытание электрической прочности изоляции импульсным напряжением, В							
	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
2. Параметры и характеристики, требования к которым не регламентированы в [8]							
Время готовности к работе после подачи оперативного питания, с							
	< 0,25	0,4–1,0	< 0,3	6 с	Не регламент.	0,2	Не регламент.
Пусковой ток (А) и его продолжительность (мс)							
	До 30 А; 4,4 мс	До 7 А; 5 мс (с токоогр. резистором)	Не регламент.	< 28 А; 100 мс	< 3 А; 0,25 мс	Не регламент.	5 А; 5 мс
Потребляемая мощность, Вт							
	≤ 15	≤ 30	≤ 20	≤ 20	< 42,3	≤ 15	≤ 15
Количество дискретных выходов с электромеханическими реле							
	23 реле	16 реле	17 реле	9 реле	16 реле	10 реле	По заказу до 64
Род оперативного тока для дискретных							
входов	Пс/Пр/Вп	Пс/Вп	Только Пс	Только Пс	Только Пс	Пс/Пр/Вп	Пс/Пр
выходов		любой					

¹ Для выпрямленного и переменного напряжения. ² Для постоянного напряжения. ³ Пс — постоянный, Пр — переменный, Вп — выпрямленный. ⁴ В [6] установлено: 0,45 U_{ном} не более 1,5 с. ⁵ F_{ном} = 50 Гц. ⁶ F_{ном} = 50 или 60 Гц. ⁷ В числителе значение для нормальных климатических условий, в знаменателе — при повышенной влажности.

Примечание: Таблицы составлены на основе данных, приведённых в эксплуатационной документации.

разно использовать комбинированные блоки питания, обеспечивающие бесперебойное питание ЦРЗА и цепей дискретных входных и выходных сигналов выпрямленным напряжением, не только в нормальных и аварийных режимах работы электроустановок, но и при междуфазных КЗ, двойных замыканиях на землю и в других аварийных режимах, сопровождающихся снижением напряжения ниже 60% номинального значения (рис. 2).

Кроме этого, блоки питания такого типа обеспечивают зарядку и контроль напряжения на внешних

конденсаторных батареях, используемых в цепях управления выключателей.

Для ЦРЗА, получающих питание от сети выпрямленного оперативного тока, должны выполняться ещё два требования [6, с. 28]:

“Устройства ... должны сохранять заданные функции без изменения параметров и характеристик срабатывания при изменении частоты питающей сети на ± 5 Гц” и

“Устройства ... должны сохранять заданные функции без изменения параметров и

характеристик срабатывания при значении пульсации в напряжении питания 12%”.

Формально последнему требованию отвечают все рассмотренные в табл. 2 устройства. Однако надо учитывать, что в реальной электроустановке возможно аварийное отключение аккумуляторной батареи или конденсаторов фильтра, например, при обрыве проводника. В таком случае пульсации напряжения на выходе выпрямителя резко возрастают, что может приводить к отказам ЦРЗА, не допускающих работы при пульсациях напряжения, превышающих 12%.

В разделах 4.3 “Требования к электрической прочности изоляции” и 4.7 “Требования к электробезопасности” [6] установлены следующие нормы:

- **сопротивление изоляции** (для нормальных климатических условий) — >100 МОм;

- **электрическая изоляция** должна выдерживать испытания:

- переменным напряжением 2,0 кВ (действующее значение) частотой 50 Гц в течение 1 мин;

- импульсным напряжением с амплитудой 5,0 кВ и характеристиками, указанными в [6].

Для измерения сопротивления изоляции в [6] рекомендуется применять мегаомметр напряжением 500 В. Однако эта рекомендация противоречит требованиям директивных документов РАО “ЕЭС России”, предписывающим измерять сопротивление изоляции цепей электроустановки мегаомметром напряжением 2500 В. Это противоречие в документах приводит к необходимости отключения цепей ЦРЗА при испытаниях от цепей распределительных устройств, что увеличивает трудоёмкость профилактических работ и создаёт предпосылки неправильного подключения цепей ЦРЗА после проведения измерений. Поэтому некоторые производители выполняют изоляцию цепей питания ЦРЗА, рассчитанной на использование мегаомметров напряжением до 2500 В (см. табл.?).

Для правильного выбора параметров (номинального тока и уставки срабатывания) автоматического выключателя, через которые подаётся оперативное питание на ЦРЗА, проектанту электроустановки необходимо знать мощность, потребляемую в нормальном режиме работы, и пусковой ток, возникающий при включении питания. Отметим, что значение пускового тока указывают не все производители устройств ЦРЗА (табл. 2), хотя неправильный выбор уставки срабатывания автома-

тического выключателя может привести к его отключению и потере питания всеми устройствами, подключенными через него. Поэтому пусковой ток и его продолжительность следует учитывать при выборе уставок автоматического выключателя.

В заключение необходимо обратить внимание ещё на одну характеристику — *время готовности устройства к работе после подачи питания*. Эта характеристика не вошла в окончательную редакцию документа [6], но многие производители представляют информацию о ней в рекламных и эксплуатационных документах (табл. 2).

Анализируя информацию, приведённую в табл. 2, можно сделать вывод: достигнутые некоторыми производителями характеристики цепей питания устройств ЦРЗА могут служить основой для новой редакции РД 34.35.310-97 [6] или разработки отдельного документа, устанавливающего общие технические требования к цепям питания ЦРЗА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок.— М.: Госэнергонадзор России, 1998.— 608 с.
2. Пуляев В.И. Итоги работы устройств релейной защиты и автоматики ОАО “ФСК ЕЭС” // Сб. докладов “Релейная защита и автоматика энергосистем 2004” 18–21 мая 2004.— М., 2004.— С. 3.
3. Владимиров А.Н. Релейная защита в период реформирования. Вопросы и проблемы // Сб. докладов “Релейная защита и автоматика энергосистем 2004” 18–21 мая 2004.— М., 2004.— С. 324.
4. 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”.
5. Басс Э.И., Дорогунцев В.Г. Релейная защита электроэнергетических систем. М.: Издательство МЭИ, 2002.— 296 с.
6. РД 34.35.310-97. Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматик энергосистем / РАО “ЕЭС России”, Департамент науки и техники, М.: ОРГРЭС, 1997.
7. Микропроцессорный терминал автоматической аварийной разгрузки трансформатора “Сириус-ААРТ”. Руководство по эксплуатации. Паспорт.— М.: ЗАО “РАДИУС Автоматика”, 2004 (цитируется редакция документа, представленная на сайте www.rza.ru).