

Сергей Павлович подробно ознакомился с компоновочной схемой ТДУ, сделал ряд существенных замечаний и просил обратить особое внимание обеспечению высокой надёжности работы с использованием широкого дублирования отдельных агрегатов.

Из книги "И вечный старт..." В.К. Куприянов, В.В.Чернышёв, Московский рабочий, 1988г.

## Системы резервирования ИБП. Термины.

### Часть I.

В статьях про параллельное и последовательное резервирование приведена обычная терминология для краткого обозначения резервирования в одиночной системе: термин "N+X" используется для обозначения системы состоящей из N+X ИБП (например 3+2=5 блоков ИБП), где:

N -это число ИБП суммарной мощности которых достаточно чтоб тянуть нагрузку (например N=3)

X -это число избыточных (резервных) ИБП суммарная мощность которых может быть потеряна для системы (X штук ИБП могут сломаться) без ущерба для защищённого питания нагрузки (например X=2)

$m = \frac{X}{N}$  -кратность резервирования

(Пример -имеем систему 3+2=5 ИБП (N=3, X=2, m=2/3): если 2 любых ибп сломаются то три оставшиеся продолжат питать нагрузку)

В различных источниках, в том числе в интернете может встретиться другая терминология и много похожих и близких терминов. Это связано с отсутствием единых нормативов на эту терминологию и с тем фактом что эти термины используются не только для резервирования ДГУ и ИБП но и в другой технике - например дублирование систем управления в летательных аппаратах, причём каждый производитель может вводить свою терминологию. В различных учебниках по теории вероятностей, термины так же могут обозначаться по разному.

Термин "N+X" и другие термины (приведённые ниже) наиболее часто (по умолчанию) подразумевают систему с параллельным резервированием. Но могут быть применены и к системе с последовательным резервированием и к смешанным системам, при этом ошибки нет так как сам термин не содержит полной информации о системе в том числе о типе параллель/послед. Полную информацию о системе даёт только электросхема.

Примеры разных терминнов для систем с резервированием приведены ниже:

[согласно источника

[https://en.wikipedia.org/wiki/N%2B1\\_redundancy](https://en.wikipedia.org/wiki/N%2B1_redundancy)

*"Redundancy: N+1, N+2 vs. 2N vs. 2N+1". datacenters.com. 2014-03-21. Retrieved 2014-06-29.*

<https://www.datacenters.com/news/redundancy-n-1-n-2-vs-2n-vs-2n-1-part-ii>

]:

#### Одиночная система.

#### (система с одним выходом содержащая несколько ИБП)

Термин	Перевод /Замечания
Основные термины: Подразумевается что есть единственная нагрузка.	
N is simply the amount required for operation.	Число N - это число блоков питания (БП) требуемых для питания нагрузки
N+1 represents the amount required for operation plus a backup.	N+1 - система состоящая из N штук БП плюс одни запасной БП
N+X means amount required for operation plus X of whatever you need to ensure resiliency.	N+X - система состоящая из N штук БП плюс X штук запасных БП
2N+X	термин к одиночным системам не применяется термин применим только к мультисистемам (см. ниже)

#### Ниже приведены примеры дополнительных/некорректных терминов для одиночной системы:

Замечание 1- в применении к одной системе с одним выходом эти термины некорректные так как затрудняют понимание количества рабочих и резервных блоков

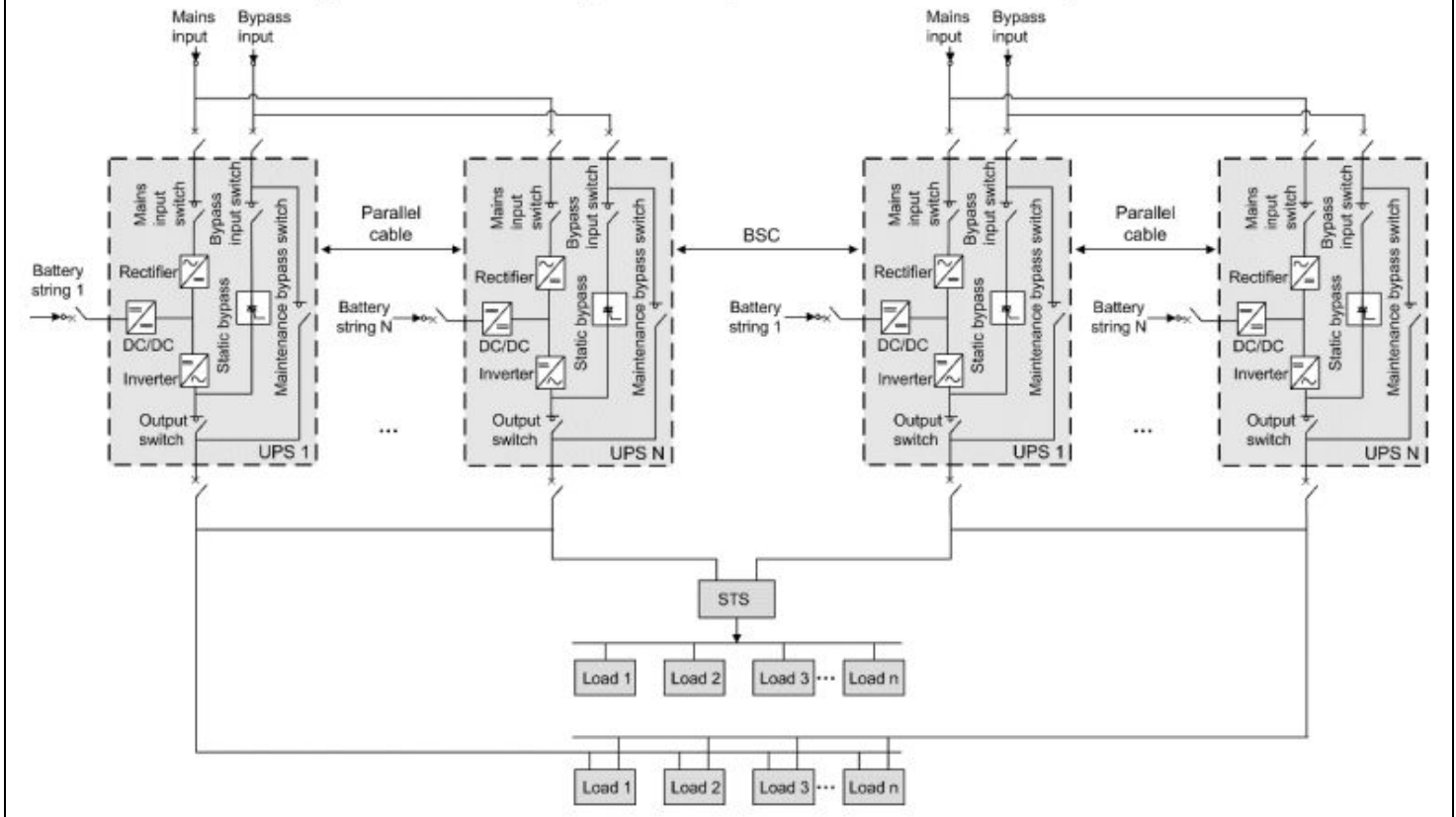
Пример возможной путаницы для данной терминологии:

- например для N=2 термины 2N+2 может читаться как 4+2 (4 ИБП рабочих, 2 ИБП избыточных(резервных)), а может читаться как 2+2+2=2+4 (2 ИБП рабочих, 4 ИБП избыточных(резервных))

<p>- например для N=2: термин 2N может значить систему 2+2 (2 ИБП рабочих, 2 ИБП избыточных(резервных)) - непонятно какая это система power parallel или redundant parallel, кроме того непонятно как отличить его от термина 2N означающего двухвыходную мультисистему содержащую 2 подсистемы (каждая подсистема содержит N штук ИБП) Чаще эти термины применяются только к мультисистемам - см таблицу ниже. (Для обычных систем достаточно терминов N/N+1/N+X описанных выше)</p> <p>В целом следует отметить, что, если ДЛЯ ОДИНОЧНОЙ ОДНОВЫХОДНОЙ СИСТЕМЫ кроме основных терминов N/N+1/N+X пытаются ввести новые термины -2N+2 и т.п., то основная проблема заключается в невозможности понять что термин описывает -одиночную систему или мультисистему, например 2N+2 может значить одиночную систему а может значить мультисистему (N+1)+(N+1).</p> <p>Во избежание ошибок рекомендуется для мультисистем указывать подсистемы в круглых скобках, тогда путаницы нет - см Дополнение 2.</p>	
2N means that you have two times the amount required for operation.	2N (или 2*N)- система состоящая из N штук БП (достаточных для работы нагрузки)плюс ещё N штук запасных БП тоесть система N+X где X=N
2N+1 means that you have two times the amount required for operation plus a backup.	2N+1 - система состоящая из N штук БП (достаточных для работы нагрузки)плюс ещё N+1 штук запасных БП
2N+X means that you have two times the amount required for operation plus X backup units.	2N+X - система состоящая из N штук БП (достаточных для работы нагрузки)плюс ещё N+X штук запасных БП

<p><b>Мультисистема (Система содержащая несколько подсистем).</b></p> <p><b>Каждая подсистема имеет один выход и содержит несколько ИБП.</b></p> <p>(подсистемы могут быть всех типов - power parallel и redundant parallel и одиночный ИБП)</p> <p>(мультисистема содержит несколько (под)систем "System plus System redundant" (другие названия: isolated parallel / multiple parallel bus / double-ended / ), может содержать также блоки STS, АВР и др.)</p>	
Термин	Замечания
Основные термины	
<p>2*(N+X) или в общем случае Y(N+X)</p> <p>Возможны другие обозначения того же самого:</p> <p>Например имеем N=1, X=1, имеем систему 2(N+1), так же она может обозначаться как:</p> <p>...2N+2-ложный термин тк можно подумать что это мультисистема из 2 подсистем (для которой правильная запись: (N)+(N+2))</p> <p>...(N+1)+(N+1) -правильный но малый термин</p>	<p>2*(N+X) - имеется 2 параллельных системы (каждая N+X)</p> <p>Такая система может питать как двухвыходные нагрузки так и одновыходные нагрузки через STS</p> <p>См. рис. ниже:</p>

**Figure 2-25 Conceptual diagram of a dual-bus system**



### Дополнительные термины для мультисистем:

Замечание 1- в применении к мульти-системе эти термины чаще всего могут иметь следующие значения:  
 Более правильно указывать подсистемы в круглых скобках -см Дополнение 1.

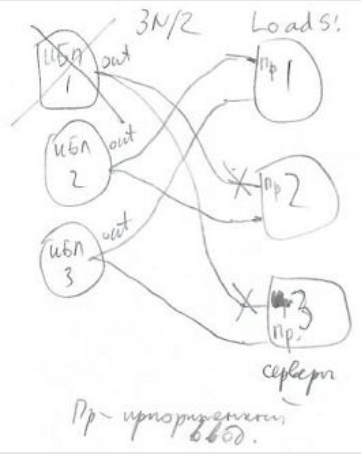
2N правильное обозначение (есть 2 подсистемы)	2N - система имеет два выхода и содержит 2 подсистемы, каждая подсистема содержит N блоков БП. Более правильная запись: (N)+(N).
2N+1	2N+1 - система имеет два выхода и содержит 2 подсистемы: одну подсистему N+1 и одну подсистему N Более правильная запись: (N)+(N+1).
2N+X	2N+X - система имеет два выхода и содержит 2 подсистемы: одну подсистему N+X и одну подсистему N Более правильная запись: (N)+(N+X).

**Редкие термины для мультисистем** -используются для многовыходных "System plus System redundant" а также для обычных многовыходных систем (система содержит несколько одиночных ИБП, а нагрузки имеют несколько входов или STS)

Ниже -пример термина для обычной системы (немультисистема):

Термины с дробями применяются когда система БП не имеет одного выхода и соответственно не имеет одной нагрузки, а имеет несколько выходов и распределённые многовыходовые нагрузки (например собственные блоки питания серверов имеют два входа то есть они имеют микро-ABP на входе)

3N/2 - you could have three different UPS systems. Each system could be backing up a separate system. Sound	3N/2 -эта запись означает что: N -это число ИБП достаточное для защиты такого числа
---	--

<p>confusing? It is. For example, UPS A could be backing up Server Group B and Server Group C. UPS B could be backing up Server Group A and Server Group B. UPS C could be backing up Server Group A and Server Group C. This means that there are three UPSs always backing up at least two Server Groups. This type redundancy design can be immensely chaotic. It requires a lot of attention to detail and special configuration when balancing and managing load.</p> 	<p>нагрузок которое указано после дроби -в данном случае для защиты (для питания) 2х нагрузок  3 -общее число <b>подсистем</b>  2 -число нагрузок которые способен тянуть один ИБП (в аварийном режиме если др. ИБП сломается).</p> <p>Пример:  Система 3*1/2  N=1 -это число ИБП достаточное для питания двух нагрузок. (одна подсистема это один ИБП)  3 -общее число <b>подсистем</b>  2 -число нагрузок которые способен питать один ИБП  ИБП1 подаёт питание на сервер 2 и сервер 3  ИБП2 подаёт питание на сервер 1 и сервер 2  ИБП3 подаёт питание на сервер 1 и сервер 3  Когда нет аварий:  - Сервер2 (приоритетный ввод) питается от ИБП1  - Сервер1 (приоритетный ввод) питается от ИБП2  - Сервер3 (приоритетный ввод) питается от ИБП3  Если ИБП1 сломается то источнику ИБП2 придётся питать две нагрузки -сервера 1 и 2.</p> <p>Общий вид:  <math>n*(N+X)/M</math>  n -это число СБП достаточное для питания M нагрузок.  N+X - подсистема (СБП)  N- число основных ИБП в подсистеме N+X  X- число резервных ИБП в подсистеме N+X  (при X=0, одна подсистема это N ИБП)  (при X=0, N=1, одна подсистема это один ИБП)  M -число нагрузок которые способен питать один ИБП  n*M- число кабелей идущих от БП к нагрузкам  <math>L_1</math> = - число входов каждой нагрузки, обычно <math>L_1=2</math>  <math>L_N</math> = - число нагрузок  <math>n*M / L_1 = L_N</math></p>
4N/3, 4N/2	----//----

## Часть 2

### Рекомендуемые Правильные термины:

**Одиночная система бесперебойного питания (одна СБП)**- система с одним выходом содержащая несколько ИБП  
**Мультисистема бесперебойного питания (МСБП)** - система содержащая несколько подсистем (СБП), может содержать также блоки STS, АВР и др.

(одионые системы и подсистемы могут быть всех типов - "power parallel" и "redundant parallel" и "одионый ИБП")

**N** - это число блоков питания (БП) достаточных для питания нагрузки

**X** - число резервных (избыточных ) ИБП которые могут быть убраны/сломаны без ущерба для нагрузки

**N+X или N+[X]** -сумма где вначале идёт число рабочих а затем резервных ИБП в одной системе

**[ ]** - (для одионых систем) в квадратных скобках указываются резервные блоки ИБП (которые могут быть убраны/сломаны без ущерба для нагрузки). Если скобок квадратных нет, то в любой сумме -число N в первом слагаемом означает рабочие ИБП (достат. для питания нагрузки), второе **слагаемое** -означает резервные ИБП. Суммы содержащей более двух слагаемых быть не может так как в системе только 2 типа ИБП рабочие и резервные и они учтены. Допускается квадратные скобки не указывать так как в одионых системах всегда второе слагаемое всегда ясно обозначает резервные **блоки**.

**[ ]** - (для мультисистем) в квадратных скобках указываются резервные **подсистемы** (которые могут быть убраны/сломаны без ущерба для питания нагрузки). Если скобок квадратных нет, то в любой сумме первая подсистема -это рабочая подсистема, остальные -резервные.

Когда нагрузкой являются двухвходовые сервера, то более двух рабочих подсистем сделать невозможно, так как в стандартной мультисистеме "без дробления нагрузки", только 2 подсистемы своими двумя выходами способны питать двухвходовую нагрузку поэтому остальные подсистемы -резервные

() - скобки круглые -в круглых скобках указывается одна подсистема при обозначениях в мультисистемах

\* -(для одиночных систем) после знака умножения пишется число N то есть число рабочих ИБП способных тянуть нагрузку. Знак умножения использовать при обозначениях одиночных систем не рекомендуется, рекомендуется применять знак умножения "\*" только для мультисистем.

\* -(для мультисистем) знак умножения означает увеличение числа подсистем в столько раз на сколько умножаем. После знака умножения указывается подсистема могущая питать одну нагрузку, перед знаком умножения -число подсистем. В общем, при таких обозначениях, системой может быть и один ИБП.

/ - (дробь- знак деления) в мультисистемах после дроби стоит число нагрузок которое способна питать одна подсистема, при этом подразумеваются многовходовые (по умолчанию двухвходовые) нагрузки и симметричное распределение нагрузок. Нагрузок несколько. Таким образом нагрузка делится между подсистемами.

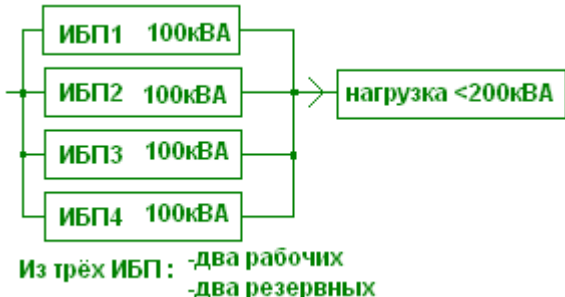
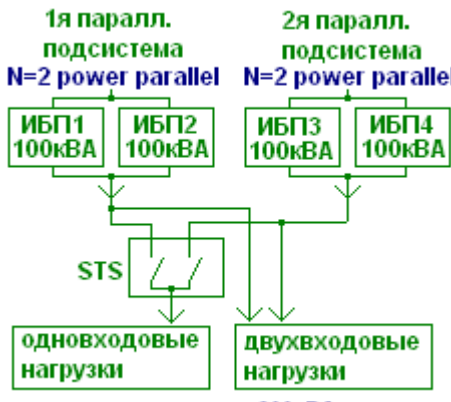
**Замечание:** -в параллельных одиночных системах выходы ибп запараллелены. Но в мультисистеме выходы подсистем параллелить нельзя (так как есть проблема синхронизации инверторов подсистем).

**Замечание:** если для сокращения термина пишется умножение, то подразумевается 2 слагаемых например  $2(N)+1$  это тоже что  $(N)+(N+1)$ . Для мультисистем состоящих из трёх и более подсистем надо писать подробно всю сумму например есть система  $(N)+(N+1)+(N+2)$  -это правильная запись, а сокращать вот так нельзя  $-3(N)+3$  так как тогда неясно сколько подсистем и сколько в каждой из них резервных блоков.

**Замечание:** в системах с дроблением нагрузки возможно нет строго деления (ко количеству) на рабочие подсистемы и резервные подсистемы так как возможен случай (при аварии) когда часть нагрузок при аварии будет питаться, а часть -нет. Но при необходимости можно ввести строгое определение для числа рабочих подсистем - это количество рабочих подсистем достаточное для питания всех имеющихся нагрузок.

**Замечание:** для одиночных систем термин  $N+X$  понятен и вполне заменяет блоксхему системы. Для мультисистем это не так: в связи с тем что термины описанные выше не учитывают число входов нагрузки, количество и тип соединения дополнительных устройств (STS, АВР и др.) и другие параметры, то термин не может заменить электросхему, и для точного определения мультисистемы нужна блоксхема /электросхема в обычном виде.

### Пример различных обозначений:

<p>2N -одиночная система <math>N+X</math> где <math>X=N</math>  (пример для <math>N=2</math> получаем систему <math>N+2</math> или <math>2+2</math>:  2 ИБП рабочих, 2 ИБП избыточных(резервных))</p>	<p>Parallel redundant 2*2 или Parallel redundant 2+2 система</p>  <p>Из трёх ИБП : -два рабочих -два резервных</p>
<p><math>2(N)</math> - двухвыходная мультисистема содержащая 2 подсистемы (каждая подсистема содержит N штук ИБП в режиме power parallel)</p>	<p><math>2*(2)</math> или <math>(2)+(2)</math> мультисистема</p>  <p>сумм. нагрузка 200кВА</p>
<p><math>2N+1</math> то же что <math>N+X</math> где <math>X=N+1</math>  N-число блоков достат. для питания нагрузки.  например для <math>N=1</math> получаем <b>систему 1+2</b>  <b>или <math>N+2</math> где <math>N=1</math> (это более правильная запись!)</b>  (считать что 2N это число рабочих(нерезервных) ИБП неправильно т.к. во всех источниках указано что N- число рабочих ИБП способных питать нагрузку, а коэффициент на который умножается N-это запас// .... times the amount required for operation. )</p>	<p>Параллельная система 1+2  (или <math>2N+1</math> для случая <math>N=1</math>)</p>

	<p>Из трёх ИБП: -один -рабочий -два -резервных</p>
<p><math>2(N)+1</math> это тоже что <math>(N)+(N+1)</math> подсистема с количеством <math>(N)</math> ИБП способна питать нагрузку, остальное-резерв</p>	<p>мультисистема <math>2(N)+1</math> для <math>N=1</math> или <math>(1)+(1+1)</math></p> <p>сумм. нагрузка 100кВА</p>
<p><math>2+1</math> или <math>2+[1]</math> или <math>N+1</math> где <math>N=2</math> (или <math>N+[X]</math> где <math>N=2, X=1</math>) одна одновыходная система содержащая 2 рабочих и один резервный ИБП</p>	<p>Параллельная система <math>2+1</math></p> <p>Из трёх ИБП: -два -рабочих -один -резервный</p>
<p><math>(1+1)+[(1+1)]</math> - двухвыходная мультисистема содержащая 2 подсистемы типа <math>(N+1)</math> где одна подсистема рабочая, а вторая подсистема является избыточной (резервной) другая запись того же самого: <math>(N+1)+[(N+1)]</math> где <math>N=1</math> <math>2*(1+1)</math> <math>2*(N+1)</math> где <math>N=1</math> <math>2(N+1)</math> где <math>N=1</math></p> <p>Эта же система показана на рис. 2-25 выше.</p>	<p>система <math>2(1+1)</math></p> <p>сумм. нагрузка 100кВА</p>
<p><math>(1+1)+[(1+1)]+[(1+1)]</math> - двухвыходная мультисистема содержащая 3 подсистемы типа <math>(N+1)</math> где одна подсистема рабочая, а вторая и третья подсистемы являются избыточными (резервными) другая запись того же самого: <math>(N+1)+[(N+1)]+[(N+1)]</math> где <math>N=1</math> <math>(1+1)+2*[(1+1)]</math> <math>3*(1+1)</math> <math>3*(N+1)</math> где <math>N=1</math> <math>3(N+1)</math> где <math>N=1</math></p>	<p>система <math>3(1+1)</math></p> <p>сумм. нагрузка 100кВА</p>
<p><math>(1+1)+(1+1)+[(1+1)]</math></p>	<p>эта система невозможна без дробления нагрузки (возможный пример - <math>3(1+1)/2</math> см. ниже)</p>



	<p>кроме того термин не определён точно, так как неизвестно число входов каждой нагрузки и неизвестно число ABP/STS система 3*1/2 (красный цвет -случай аварии на системе 1)</p>
<p>3N/2 -пример для N=1: Каждая из трёх подсистем содержит всего один ИБП. ИБП питают отдельные группы нагрузок</p>	
<p>4N/3, -пример для N=1 Каждая из трёх подсистем содержит всего один ИБП.</p>	<p>Схема ниже, для случая если все нагрузки двухвходовые:</p>
<p>4N/2 -пример для N=1 Каждая из трёх подсистем содержит всего один ИБП.</p>	<p>Схема ниже, для случая если все нагрузки двухвходовые:</p>
<p>3(N+1)/2</p>	<p>-та же схема что 3N/2 но только каждая подсистема содержит не N ИБП, а N основных ИБП + один резервный ИБП. Схема распределения выходов нагрузок не меняется.</p>

## Часть 3

### Термины по системам резервирования по источникам:

<https://ru.wikipedia.org/wiki/Резервирование>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Redundancy\\_\(engineering\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Redundancy_(engineering))

В.А.Острейковский, Ю.В.Швыряев. Безопасность Атомных Станций. Вероятностный анализ. — Москва: Физматлит, 2008. — С. 352. — ISBN 978 5 9221 0998 7.

↑ Безопасность атомных станций. — EDF-EPN-DSN-PARIS, 1994. — ISBN 2 7240 0090 0.

↑ Резервирование в БСЭ

↑ Бионика — синтез биологии и техники (недоступная ссылка). Дата обращения 28 апреля 2010. Архивировано 10 октября 2006 года.

↑ Абубакар Самбиев. Технический анализ Социальных Систем. (Научно-популярная литература)

**Резервирование** — метод повышения характеристик надёжности технических устройств или поддержания их на требуемом уровне посредством введения аппаратной избыточности за счет включения запасных (резервных) элементов и связей, дополнительных по сравнению с минимально необходимым для выполнения заданных функций в данных условиях работы.

Резервирование широко применяется на опасных производственных объектах, во многих случаях его необходимость диктуется требованиями промышленной безопасности или государственных правил и стандартов.

**Кратность резервирования (m)** - отношение числа резервных агрегатов к числу основных агрегатов

Для общего случая системы содержащей N+X агрегатов (N основных агрегатов, X резервных агрегатов):

$$m = \frac{X}{N} \text{ -кратность резервирования}$$

Если m пишется в виде целого числа то это означает что N=1

Если m пишется в виде дроби то числитель определяет число резервных, а знаменатель - число основных агрегатов

**Дублирование** - однократное резервирование (1 основной агрегат, 1 резервный агрегат, m=1/1=1)

По состоянию резервных элементов до момента включения их в работу различают:

**Нагруженный (горячий) резерв** — резервные элементы нагружены так же, как и основные;

**Облегчённый (жадущий) резерв** — резервные элементы нагружены меньше, чем основные;

**Ненагруженный (холодный) резерв** — резервные элементы практически не несут нагрузки.

Очевидные недостатки нагруженного резерва, кроме увеличения габаритов и массы системы, — повышенный расход энергии, а также то, что резервные элементы «стареют» одновременно с основными элементами системы.

( Замечание 1 к терминам выше:

Примеры иностранных терминов соответствующих приведённым выше:

Redundant Parallel (параллельная система с избыточным резервированием N+X) - "горячий резерв"

Hot Standby (последовательное резервирование) - "холодный резерв"

Замечание 2 к терминам выше:

Указанные выше недостатки горячего резерва для силовой ИБП техники ошибочны по следующим причинам

-разницы в габаритах и массе нет

-повышенный расход энергии окупается тем обстоятельством что горячий резерв это ЕДИНСТВЕННЫЙ способ который может обеспечить бесперебойное питание нагрузки при авариях резервных блоков ИБП

То же относится и к ДГУ: ДГУ не может быть запущен в течение 0 секунд, поэтому при холодном резерве, при аварии происходит обесточивание нагрузки)

Пример встречающихся в бумагах но мало используемых в реальной технике терминов -**активное и пассивное**

**резервирование**. Предполагается что активное резервирование связано с автоперестройкой системы но в разных областях автоперестройка регламентируется по разному.

### Близкие термины. Замена/Ремонт/Переподключения:

[https://ru.wikipedia.org/wiki/Горячая\\_замена](https://ru.wikipedia.org/wiki/Горячая_замена)

**Горячая замена** (англ. Hot Swap — горячая замена и англ. HotPlug — горячее подключение) —отключение или подключение электронного оборудования в/к (компьютерной) системе во время её работы без выключения питания и остановки (системы) (HotPlug), а также замену (переподключение) блока в целом (Hot Swap).



**Холодная замена** - все (пере)подключения производятся после остановки системы и снятия напряжения (остаточного потенциала).

(Замечание 1: Многие ИБП поддерживают горячую замену АКБ; параллельная система с избыточным резервированием N+X при правильном построении поддерживает горячую замену любых X штук ИБП (без нарушения питания нагрузки, без нарушения работы основных N штук ИБП)

Замечание 2: Система с последовательным резервированием HotStandby не поддерживает горячую замену основного (Master) ИБП

Замечание 3: коммуникационные кабели RS232 не поддерживают горячее переподключение -требуется "холодная замена"; коммуникационные кабели USB поддерживают горячее переподключение.

)

### **Близкие термины. Надёжность оборудования (термины встречающиеся в ИБП технике):**

По данным: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Наработка\\_на\\_отказ\\_](https://ru.wikipedia.org/wiki/Наработка_на_отказ_)

По данным: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Наработка\\_на\\_отказ\\_](https://ru.wikipedia.org/wiki/Наработка_на_отказ_)

По данным: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mean\\_time\\_between\\_failures](https://en.wikipedia.org/wiki/Mean_time_between_failures)

**Наработка** — продолжительность или объем работы объекта, измеряемая в часах, мото-часах, гектарах, километрах пробега, циклах включения-выключения и др.

**Средняя наработка на отказ** (англ. **Mean time between failures, MTBF**) —Средняя продолжительность работы устройства между отказами (для ремонтпригодных устройств).

**Средняя наработка до отказа** (англ. **Mean time to failure, MTTF**) — это **MTBF** для случая когда имеется неремонтпригодное устройства.

**Среднее время до восстановления работоспособности** (англ. **Mean Time to Restoration, Mean Time to Repair, MTTR**) — среднее время, необходимое для восстановления нормальной работы после возникновения отказа.

**Доступность или Коэффициент готовности или степень доступности оборудования:**

$$\text{Availability} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \quad \text{или} \quad A = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

*Availability, on the other hand, is the degree to which a system or component is operational and accessible when required for use [IEEE 90].*

**Надёжность (Reliability):** возможность системы выполнять свои функции в течение заданного времени

*Reliability is the ability of a system or component to perform its required functions under stated conditions for a specified period of time [IEEE 90].*

$$\text{Reliability} = e^{-\left(\frac{\text{Time}}{\text{MTBF}}\right)}$$

(Reliability=1 соответствует максимальной надёжности, чем выше MTBF тем ближе надёжность к максимальному значению 1)

$\lambda$  - средняя вероятность аварии системы (failure rate) ("средняя" так как за среднее время ремонта принят 1 год):

$$\lambda = \frac{1[\text{year}]}{\text{MTBF}[\text{year}]} \quad (\text{умножается на 100, для получения значения в \%})$$

**Пример расчёта времени наработки на отказ /MTBF для параллельной системы:**

Пример расчёта времени наработки на отказ /MTBF для параллельной системы 200кВА с избыточным резервированием N+X (в данном примере 1+1). Параллельная система содержит 2 запараллеленных ИБП 100кВА каждый (1 ИБП основной, 1 ИБП резервный), и питает нагрузку 80кВА.

Тип каждого ИБП: ON-LINE ИБП Power-Vision Black W 100 кВА 3фазы / 3фазы, PF0.9. parallel unit

По данным UPS:

- Длительное время наработки на отказ (mean time between failures /MTBF) (>200000 ч) (одиночный ИБП)
- Низкое ремонтное время (Mean time to repair /MTTR) (<0.5 ч)

Расчёт:

Если бы имелся всего один одиночный ИБП то его наработка на отказ была бы равна 200000 часов то-есть около 8333

суток, что составляет около 23 лет.

Для системы из 2х параллельных ИБП:

Обозначения:

MTBF1=200000 часов, MTTR1=0,5 часов - наработка на отказ и ремонтное время одиночного ИБП для случая если запчасть требуемая для ремонта имеется в наличии

MTTR1=720 часов (4320 часов) - ремонтное время одиночного ИБП для случая если время доставки запчасти (требуемой для ремонта) составляет один (шесть) месяц(месяцев)

MTBFpar, MTTRpar -- наработка на отказ и ремонтное время параллельной системы

P1-вероятность поломки одного ИБП

Ppar -вероятность поломки паралл. системы ИБП (оба ИБП сломались одновременно)

$$P1 = \frac{MTTR1}{MTBF1} = \frac{0,5h}{200000h} \text{ - это вероятность выхода из строя одного ИБП (точнее - вероятность того что при осмотре ИБП в}$$

любой произвольный момент мы найдём его поломанным)

Как известно из теории вероятностей ([ru.wikipedia.org/wiki/Вероятность\\_](http://ru.wikipedia.org/wiki/Вероятность_)), по теореме умножения вероятностей для случая независимых событий:

P(A) вероятностей наступления события А (поломка ИБП1)

P(B) вероятностей наступления события В (поломка ИБП2)

для случая независимых событий выполняется равенство

P(AB)=P(A)P(B) - вероятность одновременного наступления событий А и В (одновременная поломка ИБП1 и ИБП2)

$$Ppar = (P1)^2 \text{ -- это вероятность выхода из строя одновременно сразу обоих ИБП}$$

$$Ppar = \frac{MTTRpar}{MTBFpar} = (P1)^2; \text{ время ремонта примерно одинаково для двух или одного ИБП поэтому: } MTTRpar = MTTR1,$$

$$Ppar = \frac{MTTR1}{MTBFpar} = \left( \frac{MTTR1}{MTBF1} \right)^2; \frac{1}{MTBFpar} = \frac{MTTR1}{MTBF1^2}; MTBFpar = \frac{MTBF1^2}{MTTR1}$$

Для случая если запчасти есть в наличии MTTR1=0,5 часов, тогда:

$$MTBFpar = \frac{MTBF1^2}{MTTR1} = \frac{(200000h)^2}{0,5h} = 8 \cdot 10^{10} h; 8 \cdot 10^{10} \text{ часов это около } 3333333333 \text{ суток, что составляет около}$$

9132420 лет.

Этот результат завышен так как маловероятно что все детали есть в наличии.

Ниже дан более реальный вариант когда время поставки деталей 1 месяц:

Для случая если запчасти будут поставляться в течение месяца MTTR1≈1 месяц≈720 часов, тогда:

$$MTBFpar = \frac{MTBF1^2}{MTTR1} = \frac{(200000h)^2}{720h} \approx 55555556h; 55555556 \text{ часов это около } 2314814 \text{ суток, что составляет около}$$

6341 год.

Для случая если запчасти будут поставляться в течение 6 месяцев: MTTR1≈6 месяцев≈4320 часов, тогда:

$$MTBFpar = \frac{MTBF1^2}{MTTR1} = \frac{(200000h)^2}{4320h} \approx 9259259h; 9259259 \text{ часов это около } 385802 \text{ суток, что составляет около } 1056$$

лет.

Эти цифры - только математический расчёт системы 1+1, и они могут показаться нереальными и завышенными но они точно подтверждают резкий рост MTBF хоть тут и был сделан лишь грубый расчёт. В реальности на MTBF влияют ещё другие факторы; более точно имитирующие реальность расчёты показывают, что верхняя граница MTBF ограничена значением 100-150 лет (1..1,25 миллионов часов) как в приведенных ниже источниках. Но даже такие "заниженные цифры" велики и превышают возможные сроки техн. проектов и сроков производств любой модели ИБП и их комплектующих (большинство деталей не служат 100 лет). Таким образом MTBF системы 1+1 (если предусмотрен и обеспечен своевременный ремонт) настолько высок что в обычных тех. планах может не учитываться. Тем не менее есть объекты где его считают точно и всегда (и при любой кратности резервирования) - например электростанции.

\*\*\*

Жизненным примером может служить поломка машины (или нескольких при большой аварии) на шоссе -все это видели к сожалению -это одна авария, поломка в одной точке шоссе. Если в аварии участвует много машин - то всё равно это результат одной причины то есть одной аварии (поломки).

Но мало кто видел, что в одной точке шоссе то-есть рядом произошли одновременно две **СОВЕРШЕННО НЕЗАВИСИМЫЕ** аварии/поломки. Например остановились рядом 2 машины -у одной машины сломалось охлаждение, а у другой трансмиссия. Конечно это бывает (две одновременные но независимые аварии), но резко реже чем одна одиночная авария/поломка.

Именно из-за этих высоких скачков МТБФ, дублирование/резервирование широко применяется в авиации, космонавтике, ИБП технике (системы жизнеобеспечения) и др. - в этих областях траты на резерв окупаются резким возрастанием надёжности. В других многих областях наоборот резервирование мало применяется (хотя здесь также важность для жизни/безопасности не низкая), например в гражданской автомобильной технике - генератор, мотор, аккумулятор и т.п. дублируется редко (но возможны дублирующий привод, томоз и др.).

Таким образом одно из эффективнейших (а возможно и самое эффективное) средств повышения надёжности - резервирование - применяется в основном в областях где принимается во внимание строгий расчёт НАДЁЖНОСТИ и не играют роли другие посторонние (нетехнические) факторы (психические, социальные, коммерческие, политические, экономические и др.) и в областях где преобладает ограниченное число защищаемых уникальных объектов с точки зрения разработчика ответственного за безопасность (например одна организация имеет датацентр или запущен один космический аппарат, медицина -система жизнеобеспечения, имеется дом с обогревом от газового котла). В случае автопрома сам факт производства автомобилей миллионными тиражами может рассматриваться производителем как разновидность резервирования - запасных машин миллионы, поэтому ставить дублирующие аккумулятор и др. детали на каждую машину не нужно, - здесь вопрос дублирования и безопасности выходит за рамки строгой науки и попадает под "контроль" социальных, психологических и др. законов и стереотипов.

Примеры резервирования систем и внутренних блоков систем из техники и из других разных областей:

\*Классическим примером резервирования является вторая страховочная верёвка (пром.альпинизм) использует 2 верёвки - рабочую и резервную(страховочную)); "мода на одну верёвку" резко критикуется опытными профессиональными пром.альпинистами.

\* банковское резервирование

\* Системы, важные для безопасности АЭС (то есть очень многие), имеют трёхкратное резервирование, а в последних российских проектах, реализованных при строительстве Тяньваньской АЭС в Китае — четырёхкратное резервирование

\* резервирование в ModBus и др. SCADA системах (например компьютеры и каналы связи резервируются)

\* если есть однофазная нагрузка то её можно питать от 3фазной сети через "автомат выбора фазы". Получается система с резервированием источников энергии - есть три источника энергии -один основной и два резервных. Например Переключатель фаз автоматический PF-431 (получаем "трёхходовый АВР") предназначен для резервного питания однофазных потребителей от 3-х фазного ввода, выбора исправной фазы и питания нагрузки от нее.

\*любая схема АВР, STS, Байпас (включая ручной) - это система с резервированием источников энергии.

\*завод питается от АВР который запитан от двух трансформаторных подстанций (ТП1 и ТП2) (фидер1 и фидер2). В данном случае имеется основной источник энергии (ТП1) и резервный источник энергии (ТП2) (система с резервированием источников энергии)

\*одиночный промышленный двухходовый ИБП, сам по себе уже является системой с резервированием; ИБП вполне допустимо называть резервным источником энергии так как он осуществляет питание нагрузки от трёх источников энергии со следующим приоритетом:

- питание от главного входа ИБП (главный сетевой источник энергии)
- питание от аккумуляторов (внутренний электрохимический источник энергии)
- питание от резервного входа ИБП (резервный сетевой источник энергии)

Но в этом примере с одиночным ИБП резервируются только источники энергии, в то время как в N+X системе уже резервируются сами ИБП

\*обычный генератор (газо/бензо/дизель) в комплекте с АППН(АВРДГУ) является системой с резервированием; систему ДГУ+АППН называют резервным источником энергии так как она осуществляет питание нагрузки от двух источников энергии со следующим приоритетом:

- питание от сети (главный сетевой источник энергии)
- питание от генератора (дизтопливо- химический источник энергии)

\*Модульный ИБП (PowerVision Black Module и т.п.)

\*Система ИБП с избыточным резервированием N+1, N+X (система с резервированием ИБП)

\*Пример резервирования отдельных внутренних блоков ИБП: ИБП PowerVision Black W 160-600kVA оборудован двумя одинаковыми платами контроля мощности, которые взаимно резервируют друг друга. Обе эти контрольные платы, могут питаться от обоих источников энергии АС или DC (источник постоянного и переменного тока). Если случилась

неисправность в одной из этих плат контроля или в её блоке питания, то система ИБП продолжит нормальную работу.

\*Пример резервирования отдельных внутренних блоков ИБП: ИБП ГуставКляйне: продублирована система управления (control and supervision board): имеется аналоговая система управления(резервная) и цифровая система управления(основная).

\*В параллельной системе N+1 состоящей из 3х и более ИБП SafePower Evo/N-Power Evo число сигнальных оптических кабелей (связывающих все машины в системе и обеспечивающих работу всех ИБП в параллели) избыточно. При повреждении нескольких кабелей работа системы не нарушается.

\* сети: активное резервирование dhcp

\* ЛА - Трех- и четырехкратное резервирование имеют системы управления самолетом и жизнеобеспечения пассажиров и экипажа на борту. ([http://oat.mai.ru/book/glava08/8\\_7/8\\_7.html](http://oat.mai.ru/book/glava08/8_7/8_7.html))

\* активное резервирование с восстанавливающими элементами в устройствах автоматики служебных систем космических аппаратов; 08:53, 5 июля 2019 Ракета-носитель "Союз-2.1б" стартовала с космодрома "Восточный" с космическим аппаратом "Метеор-М" №2-2 ...Спутник весит 2,6 тонны, его системы имеют тройное дублирование.

\* X-29 резервирование СУ ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Northrop\\_Grumman\\_X-29](https://ru.wikipedia.org/wiki/Northrop_Grumman_X-29))

"Самолёт расчётно предполагался статически неустойчивым и в полёте управлялся с помощью цифровой триплексной электродистанционной системы, обеспечивавшей минимальное балансирующее сопротивление на всех режимах полёта. «Триплексная» система подразумевала три аналоговых компьютера, каждый из которых мог самостоятельно пилотировать самолёт, а управляющие решения принимались методом голосования этих компьютеров, что позволило выявлять как ошибки самих программ, так и проблемы в конструкции."

\* Буран

"...система управления корабля «Буран» должна была выполнять автоматически все действия вплоть до остановки корабля после посадки. Участие лётчика в управлении не предусматривалось. (Позже, по нашему настоянию предусмотрели всё-таки резервный ручной режим управления на атмосферном участке полёта при возврате корабля.)"

"На борту корабля находилось два комплекта БЦВМ «Бисер-4» (элементная база - микропроцессор K582) по четыре аппаратно-параллельных компьютера и аппаратного компаратора, допускающего автоматическое отключение подряд двух компьютеров в случае аварийных результатов (4 основных + 4 резерв). Для сравнения, КК «Space Shuttle» в 1980 году имел квадруплексную БЦВМ с трёхкратным аппаратным резервированием на основе вычислителей семейства IBM System/4 Pi." Основные и резервные места посадок - Места посадок: основное: Юбилейный, резервные: Багерово, Восточный (Хороль) [[https://ru.wikipedia.org/wiki/Буран\\_\(космический\\_корабль\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Буран_(космический_корабль))]

\* Резервирование в космическом телескопе "Хаббл"

[сообщение 19.07.2021] 13 июня Hubble пережил сбой, который стал одним из самых масштабных в истории проекта. Изначально специалисты считали, что вышел из строя компьютер NSSC-1 (NASA Standard Spacecraft Computer-1). Он отвечает за контроль и координацию всех научных инструментов обсерватории. Инженеры перезапустили компьютер, а затем переключили его на резервный блок памяти. Однако это не привело к какому-либо результату. Поэтому они пришли к выводу, что сбой связан с другим компонентом.

В итоге специалистам удалось установить причину неполадок. Они были вызваны стабилизатором напряжения в блоке управления питания. Но, несмотря на все усилия, инженерам так и не удалось возобновить его работу. Поэтому было принято решение переключить телескоп на резервный модуль. Операция прошла успешно, что дало возможность продолжить программу научных наблюдений.

В 2008 году Hubble пережил подобный сбой, после чего специалисты также успешно переключили его на резервную систему. <https://universemagazine.com/28884/> По материалам: <https://www.nasa.gov/>

**Замечание для стабилизаторов:** По умолчанию в стандартной модели в стабилизатора без опций, Система "Байпас", может конечно содержаться, особенно в мощных электронных стаб-рах, но более часто Байпас -это опция. Поэтому стандартный одиночный стабилизатор напряжения (или система стабилизаторов) (тиристорные, электродинамические стабилизаторы напряжения) сам по себе не является системой с резервированием так как не содержит АВР, Байпаса, и внутренних источников энергии, кроме того в большинстве случаев параллельные системы N+X почти не применяются для стабилизаторов (за исключением отдельных типов, например стаб-ров на базе технологии OnLine аналогично ИБП), но в стабилизаторах может быть внутреннее резервирование например блоков управления.

Нельзя забывать, что MTBF - это вероятностная оценка то-есть она абсолютно точна только для бесконечного числа испытаний чего в жизни быть не может (если MTBF=20лет то это не означает, что все ИБП данной модели отработают до поломки все ровно по 20лет, но означает что большинство отработают примерно 20 лет, но меньшинство могут сломаться через 3 года или через 35лет.). Кроме того точность параметра MTBF довольно низка так как заводы изготовители не могут позволить себе, выводить на каждую модель ИБП по 1000 блоков ИБП на испытания и испытывать их в течение 30 лет, поэтому для определения параметра MTBF применяются математические методы. При этом параметр очень важен. Поэтому в инструкциях ИБП могут быть размещены сообщения как приведённые ниже:

## **Personal safety 1**

Siel UPS units are designed and manufactured in order to assure remarkably high MTBF values for the appliance and for the load supply. Please be aware that the MTBF is a statistical parameter and as such is subject to factual and conceptual limitations.

Please note that the MTBF refers to a correctly installed and maintained device: it does not consider conceptual neither factual errors made during plant creation, nor mistakes due to negligence or fraud.

Moreover, the reliability of load supply can be further enhanced by means of appropriate plant measures, even in presence of abnormal conditions (fraud or accident)

Considering the above, for plants involving hazards for people or featuring "mission critical" operations, we recommend to carry out an in-depth and validated risk analysis, in order to guarantee the maximum reliability of load supply and to prove that all possible state-of-the-art methods were used at the time of plant erection (e.g. redundant parallel connection of UPS units, coupled with system external manual bypass and alternative power supply sources, etc.)

A specific study comparing the calculated MTBF (Mean Time Between Failure) figures for various Centralised and Decentralised parallel configurations is available on request.

1 [https://en.wikipedia.org/wiki/N%2B1\\_redundancy](https://en.wikipedia.org/wiki/N%2B1_redundancy)

*"Redundancy: N+1, N+2 vs. 2N vs. 2N+1". datacenters.com. 2014-03-21. Retrieved 2014-06-29.*

<https://www.datacenters.com/news/redundancy-n-1-n-2-vs-2n-vs-2n-1-part-ii>

2 Comparing UPS System Design Configurations / Kevin McCarthy, EDG2Inc. Viktor Avelar, Schneider Electric

3 <https://whatis.techtarget.com/definition/N1-UPS>

4 <https://www.ecopowersupplies.com/blog/parallel-UPS-systems-configurations>

5 <https://community.hpe.com/t5/BladeSystem-General/N-N-and-N-1-Redundancy/td-p/4566399>

6 <https://strathprints.strath.ac.uk/3591/1/strathprints003591.pdf>

Lo, K.L. and Jovanovic, S. and Rahmat, M.K. (2006) Reliability modelling of uninterruptible power supply using probability tree method. Proceedings of the 41st International Universities Power Engineering Conference, 2006. UPEC '06., 2. pp. 603-607. ISSN 978-186135-342-9  
<http://eprints.cdlr.strath.ac.uk/3591/>



Power System Research Group  
Dept. of Electronic and Electrical Engineering  
University of Strathclyde  
204 George Street  
Glasgow, G11XW  
Scotland, UK  
email: [mohd.k.rahmat@strath.ac.uk](mailto:mohd.k.rahmat@strath.ac.uk)

7 [www.palmsementa.co.id/images/product/file-8.pdf](http://www.palmsementa.co.id/images/product/file-8.pdf)

## **Fuji Electric Systems Co., Ltd.**

Gate City Ohsaki, East Tower, 11-2, Osaki 1-chome, Shinagawa-ku, Tokyo 141-0032, Japan  
Phone : (03)5435-7114  
Internet address : <http://www.fesys.co.jp>

Information in this catalog is subject to change without notice.

2008-12(J2008b/E2008)PST/CTP2Ok Printed in Japan

8 Modular power protection in industrial applications – understanding the “ilities”

Availability and reliability in modular technology

<https://www.benning.de/nr-tr/modular-power-protection-in-industrial-applications-understanding-the-ilities.html>

contact: Alexander Proemel

telephone: +49 2871 93 238

e-mail: [a.proemel@benning.de](mailto:a.proemel@benning.de)

9 [https://library.e.abb.com/public/27eea74beaa1bba9c1257b2e00429dce/Technical\\_Glossary.pdf](https://library.e.abb.com/public/27eea74beaa1bba9c1257b2e00429dce/Technical_Glossary.pdf)

ABB  
Power Protection  
Via Lusert Sud 9  
CH-6572 Quartino  
Phone: +41 91 850 29 29  
Fax: +41 91 840 12 54  
ups.sales@ch.abb.com  
[www.abb.com/ups](http://www.abb.com/ups)

10 Availability and reliability considerations for UPS installations / Posted on 1st June 2015

<https://www.kohler-ups.co.uk/availability-and-reliability-considerations-for-ups-installations/>

While a single UPS unit might achieve an MTBF of 50,000 hours to 200,000 hours, a fault tolerant redundant system could achieve 1,250,000 hours, depending on its configuration.

11 Mean Time Between Failure: Explanation and Standards / White Paper 78 / Revision 1 / by Wendy Torell and Victor Avelar

[https://www.apc.com/salestools/VAVR-5WGTSB/VAVR-5WGTSB\\_R1\\_EN.pdf](https://www.apc.com/salestools/VAVR-5WGTSB/VAVR-5WGTSB_R1_EN.pdf)

 white papers are now part of the Schneider Electric white paper library  
produced by Schneider Electric's **Data Center Science Center**  
[DCSC@Schneider-Electric.com](http://DCSC@Schneider-Electric.com)

**Data Center Science Center**  
**DCSC@Schneider-Electric.com**  
© 2011 Schneider Electric.

Schneider Electric – Data Center Science Center

White Paper 78 Rev 1

12 Reliability Analysis of the APC /Symmetra MW Power System /White Paper 109 Revision 1 /by Stephen Fairfax, M

Technology, Inc. / Neal Dowling, M Technology, Inc. / Dan Healey, M Technology, Inc.  
[https://www.apc.com/salestools/VAVR-6CWR9R/VAVR-6CWR9R\\_R1\\_EN.pdf](https://www.apc.com/salestools/VAVR-6CWR9R/VAVR-6CWR9R_R1_EN.pdf)

**similar power ratings, with an expected mean time between failure (MTBF) of about 1 million hours when operated with a redundant power section. This figure includes the**

—  
r31Aug\_r3Juner17may19у добавлено - "не рекомендуется знак \*" для одиночных систем//эпигр//вынос в отд статью и доп термины и др.  
r16r31Aug\_r3Juner17may19у теорвер и др  
r26r16r31Aug\_19у карб/дгу/single/availability ups и др  
r18sentr26r16r31Aug\_19у A, SafeEvo opt, стаб  
24 ст Резерв Термины v2 r28june21y\_r18sent\_19y\_\_x29 Buran дет не служ 100л  
v3 huble