

Часть I

Большинство промышленных ИБП имеют два входа - главный (вход выпрямителя, rectifier input, main input) и резервный (вход байпаса, Bypass input).

Примеры ИБП поддерживающих схему включения "Serial Redundancy": Power-Vision Black THD 3/1, Power-Vision 3F, Safe-Power Evo, Power-Vision Black MP 3/3, Power-Vision HF, Power-Vision W и др..

Схему с последовательным резервированием также называют "Serial Redundancy", "Hot-standby redundancy" или "Резервирование Hot-standby"

Цель последовательного резервирования - повышение надежности системы электроснабжения критичного оборудования путем последовательного соединения ИБП. Так же растёт время автономии по сравнению с одиночным ИБП.

Стандартная система с последовательным резервированием состоит из одного основного (ведущего/master) модуля ИБП и одного резервного (ведомого/slave) модуля ИБП (для нестандартных систем количество как основных так и резервных модулей больше). Основной модуль работает на нагрузку. Резервный модуль используется в качестве резервного источника питания для входа Байпас основного модуля системы.

При пропадании питания на входе, оба ИБП переходят в автономный режим работы, нагрузка потребляет энергию батарейного комплекта основного ИБП. Если к моменту его разряда питание не восстановится, произойдет автоматический переход основного ИБП в Байпас, т. е. в итоге нагрузка будет питаться от резервного блока ИБП (нагрузка потребляет энергию батарейного комплекта резервного ИБП).

Можно считать, что эта система является частным случаем системы с избыточным резервированием $N+1(N+X)$ так как имеет следующую логику работы: если величина нагрузки не превышает нагрузочную способность N блоков ИБП, **то поломка*** одного любого (и более до X) ИБП не приведёт к отключению нагрузки, и оставшийся исправный ИБП (или N блоков ИБП) продолжит питать нагрузку.

Возможность системы продолжить питание нагрузки при поломке одного из модулей (с учётом своевременного ремонта вышедшего из строя ИБП) резко повышает надёжность системы так как вероятность одновременной поломки обоих ИБП ничтожно мала.

Отличие по логике от стандартной параллельной системы N+1 (N+X) (parallel redundant) заключается в поочерёдном, а не синхронном исчерпании энергии батарей (при использовании единого батарейного кабинета этого отличия нет), а также в отсутствии распределения нагрузки между блоками ИБП.

Применение данной схемы особенно эффективно для On-Line ИБП имеющих нулевое время переключения Байпас->Инвертор, таких как Power-Vision Black 3/1(1/1). Если же используются ИБП с ненулевым временем прехода Байпас->Инвертор, то, тот факт, что время переключения не равно нулю - является серьёзным отличием (ухудшением) по сравнению с системой с параллельным резервированием (в параллельных системах, для большинства типов OnLine ИБП, время переключения между блоками равно нулю).

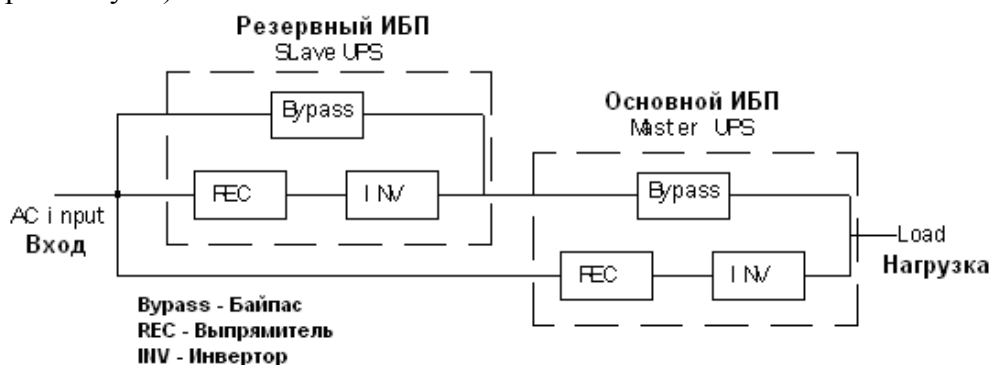


Рис.1 Система "резервирование Hot-standby"

Принцип работы схемы "Резервирование Hot-standby"

Нормальный режим работы (входная сеть в норме):

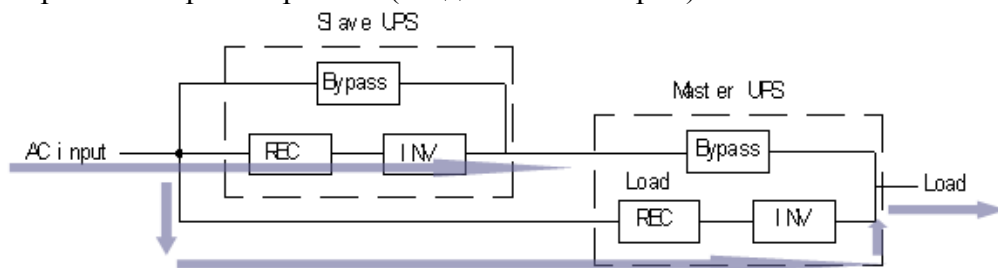


Рис.2 Поток энергии при нормальном режиме работы

Рис. 2 показывает нормальный поток энергии когда входная сеть в норме. Поток энергии поступает на основной ИБП и с него на нагрузку. Резервный ИБП работает в холостом режиме. Если на основном ИБП произойдёт авария, он перейдёт в байпас и нагрузка будет запитана от резервного ИБП как показано на рис.3 :

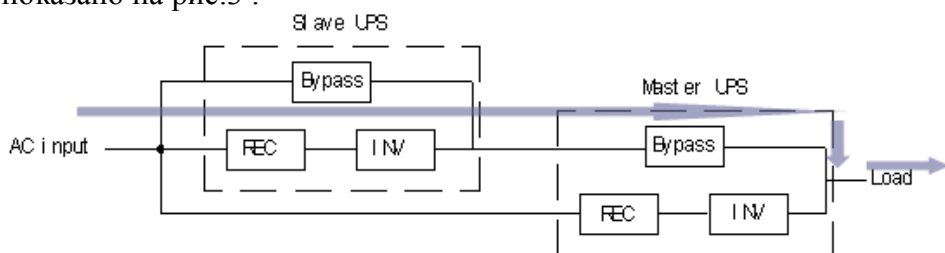


Рис.3 Поток энергии в аварийном режиме работы (основной ИБП неисправен)

Если сеть не в норме или отсутствует, то оба ИБП перейдут в батарейный режим . Поток энергии поступает из батарей основного ИБП на нагрузку. Резервный ИБП работает в холостом режиме. Если на основном ИБП разрядятся батареи или произойдёт авария, он перейдёт в байпас и нагрузка будет запитана от резервного ИБП который будет питать нагрузку до разряда батарей. Если сеть восстановится, то система переходит в нормальный режим работы.

* это справедливо для случая если авария ведущего (основного/Master) ИБП - любая авария любого блока (инвертор, ЗУ и др.) при которой остаётся исправной линия Байпас. Для классического случая системы с избыточным резервированием N+1 (N+X) этого ограничения нет. По этой причине MTBF системы Hot Standby меньше чем MTBF системы Parallel Redundant.

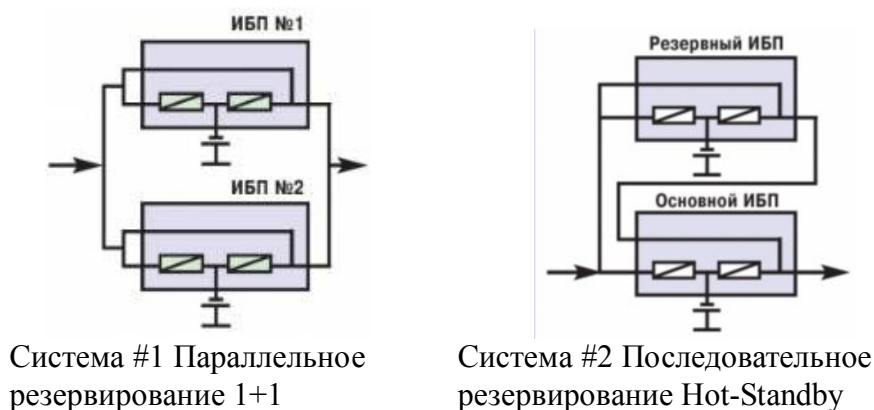
Часть II

Отличия системы бесперебойного питания с последовательным резервированием "Hot-Standby" от системы с параллельным резервированием "N+X".

Ниже приведён пример сравнения 2х систем:

- Система #1: 10кВА(9кВт) + 10кВА(9кВт) паралл. резерв. N+1 (с отдельными бат. блоками)
- Система #2: 10кВА(9кВт) + 10кВА(9кВт) послед. резервирование (с отдельными бат блоками)

Ниже рассмотрен пример когда **пользователь выбрал** систему #2 (10кВА(9кВт) + 10кВА(9кВт) с последовательным резервированием (с отдельными бат блоками)) вместо системы #1 (10кВА(9кВт) + 10кВА(9кВт) с паралл. резерв. N+1 (с отдельными бат. блоками)):



Система #1 Параллельное резервирование 1+1

Система #2 Последовательное резервирование Hot-Standby

1 если нагрузка равна 9...18кВт, то система#1 будет нормально работать как единый ИБП мощностью 20кВА/18кВт

в то время как #2 работать не может т.к. её макс. нагрузочная способность равна 0...10кВА(0...9кВт). Это справедливо когда ИБП системы #1 поддерживают как избыточное так и силовое (power redundant parallel operation) резервирование.

2 если нагрузка равна 0-9 кВт то разница в логике приведена ниже:

-в системе #1 равномерно делится нагрузка между ибп то-есть износ равный, а в системе#2 износ поочередный -сначала ибп-master затем ибп-slave

-в системе #1 равномерно делится нагрузка между сборками акб (в бат. режиме) то-есть износ равный а в системе#2 износ поочередный -сначала работает акб ибп-master затем уже акб ибп-slave

-в системе#1 mtbf(наработка на отказ) выше (при условии своевременного ремонта любого ибп при возм. аварии)

потому что, при поломке любого ибп, оставшийся исправный ибп продолжает питать(защищать) нагрузку, в то время как

в системе#2 при тяжёлой аварии в master-ибп (поломка блока Байпаса), нагрузка обесточится даже при условии что slave-ибп и его акб исправны.

- Недостатки Hot Standby по сравнению с N+X parallel:

► ресурс ибп и акб истощается неравномерно

► если авария главного ибп тяжёлая, так что повреждена его линия Электронного Байпаса то нагрузка обесточится (в таком же случае в N+X системе нагрузка не обесточится, но продолжит питаться от оставшегося второго исправного ибп)

► power redundant невозможно (power redundant - это мощностное резервирование, то-есть **когда** система из 2х ибп способна питать нагрузку мощность которой равна сумме мощностей обоих ибп системы)

► в большинстве случаев единый батарейный кабинет невозможен (не рекомендован) хотя возможны исключения (В параллельных системах более часты случаи когда производитель допускает/рекомендует использовать единый батарейный кабинет для всей параллельной системы. Преимущество единого бат. кабинета заключается в том, что, при поломке одного из ИБП часть АКБ (то-есть их энергия) не теряются для системы несмотря на потерю ИБП, в то время как в параллельной системе где каждый ИБП имеет свой бат. кабинет - с потерей **(при аварии)** ИБП теряются и его АКБ.)

► время переключения между блоками может быть не равно нулю если в ТХ ИБП указано что время перехода на Байпас не равно нулю -итог: провал на нагрузке длительностью обычно 2-6мс, что обычно не критично для нагрузок имеющих импульсные блоки питания (компьютеры, сетевые устройства, телевизоры, светодиодные лампы и т.п.).

► MTBF (наработка на отказ) хуже

+ Преимущества Hot Standby по сравнению с N+X parallel:

► нет коммуникационных (электропровода или оптика) кабелей **между ИБП системы**- меньше связей - меньше риск их повреждений -выше надёжность (общий mtbf хуже, но для условий где повышена опасность повреждения коммуникаций -mtbf выше). Таким образом есть 2 независимых блока ИБП соединённых только силовыми кабелями и не обменивающихся никакими сигналами -надёжность повышенная в тяжёлых условиях. Точных подтверждений и стандартов не имеется, но имеются факты приобретения таких систем военными связистами, что предположительно связано именно с повышенной надёжностью и как следствие, наличием спецтребований именно на такую схему резервирования.

► ремонтпригодность системы высокая так как блоки ИБП могут быть заменены даже на ИБП другой марки.

[В параллельной N+X системе это невозможно: при необходимости замены одного из ИБП требуется такой же ИБП с аналогичными прошивкой и платой параллельной работы что может быть затруднено по двум) причинам:

-ИБП даже одного года выпуска могут иметь разные прошивки и не работать в параллель

-на момент когда потребуются сменить один из ибп, например через 8 лет, невозможно будет приобрести парный ибп с такой же прошивкой, по той причине, что он мог быть снят с производства и техподдержка по прошивкам прекращена, то же касается и комплектации запчастями]

- ▶ проще
- ▶ дешевле, кроме случаев когда опция "N+X параллель" включена по умолчанию в стандартную поставку ИБП, что бывает далеко не всегда
- ▶ можно строить системы с числом ИБП более 3 и комбинированные системы содержащие и послед. и паралл. резервированные подсистемы
- ▶ при общей простоте схемы, есть возможность строить схемы с питанием от 2х независимых фидеров в том числе несинхронизированных.

Особенности

- ▶ в отличие от Parallel Redundant нельзя чинить/обслуживать главный ИБП с полным его выводом из линии. Но можно чинить/обслуживать главный ИБП с переводом его на ручной байпас.