



1.3. ИСТОЧНИКИ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭА

К некоторым видам ЭА, получающим питание от стационарных сетей переменного тока, предъявляется требование сохранять работоспособность в течение заданного времени в условиях возможных отключений внешних источников энергии. Для обеспечения их работоспособности используют *агрегаты бесперебойного электроснабжения* (АБЭ), различающиеся по параметрам мощности и времени непрерывной работы. За рубежом такие агрегаты называются Uninterruptable Power Supply (UPS). В зависимости от рода выходного тока различают АБЭ переменного или постоянного тока [8].

Требования по согласованию АБЭ с нагрузкой определяют параметры качества электроэнергии на выходе агрегата. К этим требованиям относятся: значение, нестабильность и пульсации выходного напряжения; диапазон изменения выходного тока; значение и нестабильность частоты выходного тока. Нагрузкой АБЭ является ЭА, на входе которой устанавливаются ИЭП. В случае наличия сети переменного тока источники в большинстве случаев содержат во входной цепи нерегулируемый выпрямитель с емкостным фильтром, поэтому форма потребляемого ими тока значительно отличается от синусоидальной. Сохранение заданного значения коэффициента гармоник выходного напряжения для линейной и нелинейной нагрузок — одно из основных требований, предъявляемых к АБЭ.

В состав АБЭ входят инверторы, которые обеспечивают преобразование постоянного тока в переменный; выпрямители, преобразующие переменный ток в постоянный, и коммутационные устройства, осуществляющие включение и отключение выпрямителей, инверторов, основных и резервных источников электропитания. В зависимости от состава АБЭ и схемы соединения его составных частей образуются различные структуры АБЭ. Использование той или иной структуры определяется исходя из требований надежности, стоимости и других технико-экономических показателей.

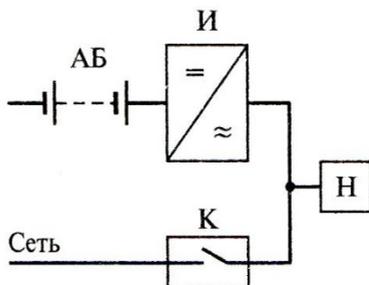


Рис. 1.3.1. Структурная схема АБЭ переменного тока с обратимым инвертором

Ниже приведены примеры структурных схем АБЭ переменного тока. На рис. 1.3.1 резервная цепь содержит аккумуляторную батарею АБ и инвертор И. Если напряжение сети находится в заданных пределах, то нагрузка Н получает электроэнергию через коммутатор К от сети переменного тока. Инвертор в данном случае работает в режиме выпрямителя, подзаряжая АБ. При снижении напряжения сети ниже заданного уровня коммутатор К отключает сеть от нагрузки. Последняя обеспечивается напряжением переменного тока инвертора И, получающего электроэнергию от АБ.

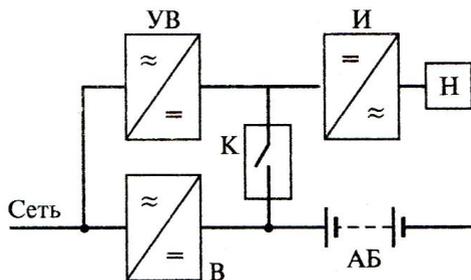


Рис. 1.3.2. Структурная схема АБЭ переменного тока с управляемым выпрямителем и подзарядкой АБ от выделенного выпрямителя

В агрегате, приведенном на схеме рис. 1.3.2 при нормальном электроснабжении нагрузка Н получает электроэнергию от сети через последовательно соединенные управляемый выпрямитель УВ и инвертор И. В этом случае коммутатор К находится в отключенном состоянии, и аккумуляторная батарея АБ подзарядается от



сети через выпрямитель В. При снижении напряжения сети ниже заданного уровня коммутатор К подключает АБ к инвертору И.

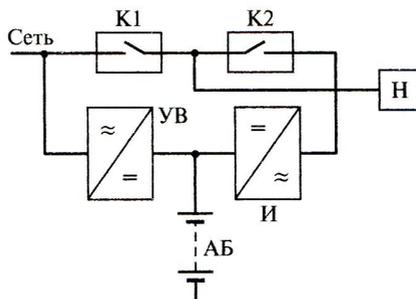


Рис. 1.3.3. Структурная схема АБЭ переменного тока с управляемым выпрямителем

В схеме, представленной на рис. 1.3.3 заряд аккумуляторной батареи АБ осуществляется от управляемого выпрямителя УВ. При электроснабжении нагрузки от сети коммутатор К1 включен, а коммутатор К2 выключен. При переходе на электроснабжение от АБ коммутатор К1 выключается, а коммутатор К2 включается.

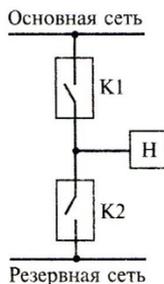


Рис. 1.3.4. Структурная схема АБЭ переменного тока с резервной сетью

В схеме, изображенной на рис. 1.3.4 предусмотрены две входные сети: основная и резервная. При нормальном электроснабжении коммутатор К1 включен, коммутатор К2 выключен и напряжение на нагрузку Н поступает от основной сети. При снижении напряжения основной сети ниже заданного уровня происходит переключение коммутаторов и соединение нагрузки с резервной сетью.

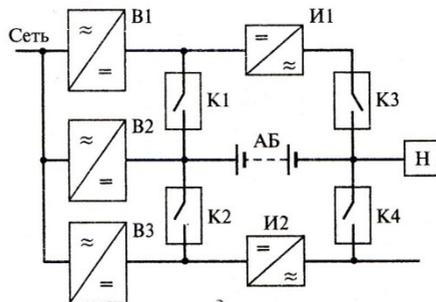


Рис. 1.3.5. Структурная схема АБЭ переменного тока с повышенной мощностью нагрузки

Схема АБЭ, приведенная на рис. 1.3.5 применяется при повышенной мощности нагрузки. Инверторы И1 и И2 имеют одинаковые параметры выходных синфазных напряжений и включаются на параллельную работу коммутаторами К3 и К4. При нормальном электроснабжении коммутаторы К1 и К2 находятся в выключенном состоянии, аккумуляторная батарея АБ подзаряжается от сети через выпрямитель В2, а нагрузка Н получает электроэнергию от выпрямителей В1 и В3 через инверторы И1 и И2. При снижении напряжения сети ниже установленного уровня включаются коммутаторы К1 и К2 и электроснабжение нагрузки осуществляется от аккумуляторной батареи АБ, которая подключается к входам инверторов И1 и И2. Если выходит из строя один из инверторов, например, И1, то коммутатор К3 отключает аварийную цепь и напряжение поступает на нагрузку от другого инвертора И2.

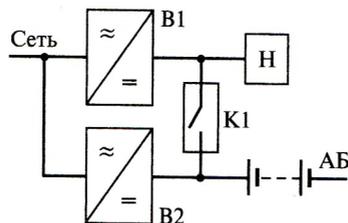


Рис. 1.3.6. Структурная схема АБЭ постоянного тока

В схеме, представленной на рис. 1.3.6 при нормальном электроснабжении нагрузка Н отключена от аккумуляторной батареи АБ



(коммутатор К1 выключен) и получает электроэнергию от сети через выпрямитель В1. Аккумуляторная батарея в это время подзаряжается от сети через выпрямитель В2. При аварийном режиме в сети коммутатор подключает нагрузку к аккумуляторной батарее.

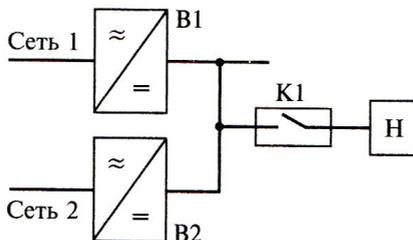


Рис. 1.3.7. Структурная схема АБЭ постоянного тока

При наличии двух независимых сетей переменного тока (рис. 1.3.7) АБЭ содержит два выпрямителя В1 и В2 и коммутатор К. Последний выполняет защитные функции при аварийной ситуации.

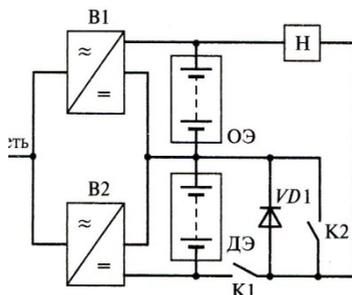


Рис. 1.3.8. Структурная схема АБЭ постоянного тока с секционированным включением АБ

В составе АБЭ аккумуляторная батарея может выполняться секционированной, т.е. состоящей из основных ОЭ и дополнительных ДЭ элементов (рис. 1.3.8) вольтдобавки. В нормальном режиме работы основные элементы подзаряжаются от сети через выпрямитель В1, дополнительные элементы — через выпрямитель В2. При этом коммутатор К1 выключен, а коммутатор К2 включен. Нагрузка Н получает электроэнергию от сети через выпрямитель В1. В случае снижения напряжения сети ниже заданного



уровня коммутатор К2 выключается, коммутатор К1 включается, и нагрузка получает напряжение от последовательно включенных основных и дополнительных элементов.

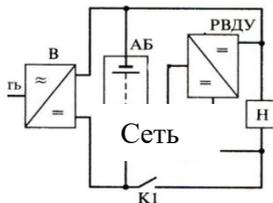


Рис. 1.3.9. Структурная схема АБЭ постоянного тока с вольтодобавкой

В нормальном режиме выпрямитель В через включенный коммутатор К1 подает напряжение на нагрузку Н и одновременно подзаряжает аккумуляторную батарею АБ (рис.1.3.9). При отключении внешнего электроснабжения коммутатор выключается и одновременно включается РВДУ. Для стабилизации выходного напряжения АБЭ в переходных режимах используется регулирующее вольтодобавочное устройство РВДУ, которое преобразует напряжение аккумуляторной батареи АБ в регулируемое напряжение постоянного тока. Что обеспечивает стабильность напряжения на нагрузке при работе от аккумуляторной батареи АБ, напряжение которой снижается в процессе разряда. Диод VD1 служит для без разрывной коммутации и закрывается напряжением РВДУ.

При появлении внешнего электроснабжения выпрямитель В включается в режиме стабилизации тока и обеспечивает электроэнергией нагрузку и АБ. После окончания заряда АБ выпрямитель переходит в режим стабилизации напряжения, и АБЭ возвращается в исходное состояние.



Таблица 1.3.1.
Время работы АБЭ фирмы APC после пропадания сетевого
напряжения

| Мощность нагрузки, В·А | Время работы, мин | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|
| | Back-UPS | | | | Smart-UPS | | | |
| | 250 | 400 | 600 | 900 | 250 | 400 | 600 | 900 |
| 200 | 8 | 19 | 41 | 65 | 8 | 22 | 38 | 58 |
| 250 | 5 | 13 | 31 | 47 | 6 | 15 | 26 | 44 |
| 300 | – | 9 | 22 | 40 | – | 11 | 20 | 36 |
| 400 | – | 5 | 13 | 29 | – | 5 | 14 | 24 |
| 500 | – | – | 7 | 20 | – | – | 9 | 18 |
| 600 | – | – | 5 | 15 | – | – | 6 | 13 |
| 700 | – | – | – | 13 | – | – | – | 11 |
| 800 | – | – | – | 11 | – | – | – | 9 |
| 900 | – | – | – | 10 | – | – | – | 7 |

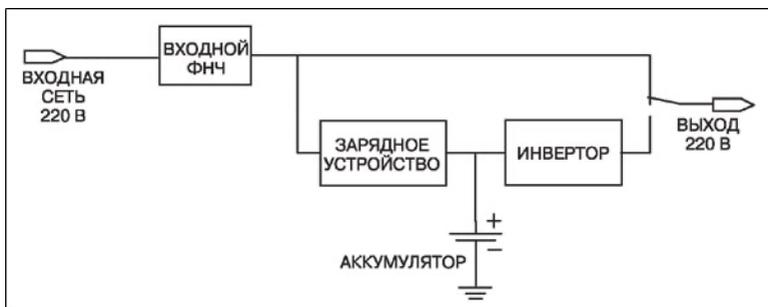
В иностранной печати различают три вида АБЭ:

- Off-line;
- Line-Interactive;
- On-line, что соответствует стандарту IEC62040.

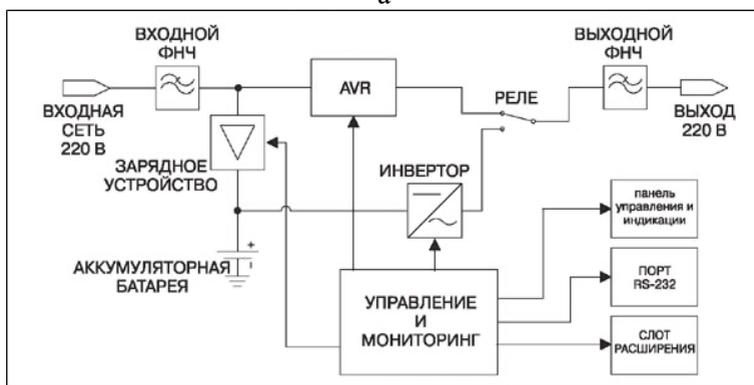
У АБЭ off-line осуществляется прямая подача электроэнергии сети потребителю в нормальном режиме и подключение генератора синусоидального (инвертор) напряжения при аварии в электросети за время от 2 до 10 мс (рис. 1.3.10а).

АБЭ типа Line-Interactive по алгоритму работы аналогичны АБЭ Off-line, только в них добавлены: стабилизатор напряжения и выходной низкочастотный фильтр (рис 1.3.10 б). Как правило, все небольшие качественные ИБП для ЭА относятся к этому типу (APC Smart-UPS, CyberPower). Будучи линейно-интерактивными, они могут иметь разную форму выходного сигнала: с аппроксимированной синусоидой для ПК и приборов с импульсными блоками питания (рис. 1.3.11 б и 1.3.11 в), и с чистой синусоидой (рис.1.3.11 а) для индуктивной нагрузки (например, ПН “Энергия”, Inelt Intelligent и т.д.)

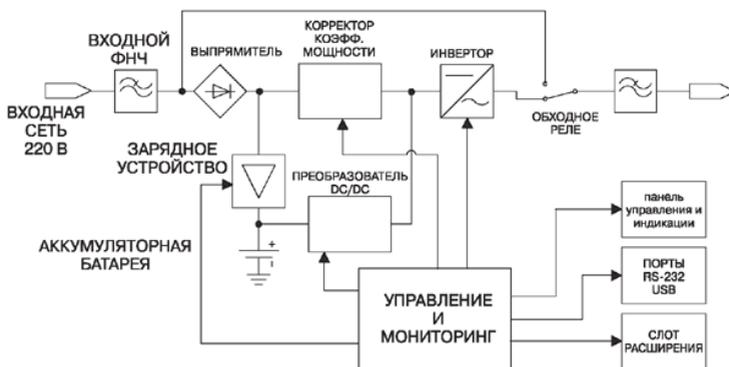
В АБЭ с двойным преобразованием типа On-line (рис.1.3.11 в): Eaton, APC, Liebert, East, DeltaES, Inelt, Makelsan, Helior нет переключения на АКБ при пропадании центрального электроснабжения поэтому нагрузка не почувствует момента пропадания напряжения на входе АБЭ.



а



б



в

Рис. 1.3.10. Классификация ИБП по стандарту IEC62040
а – off-line, б - Line-Interactive, в - On-line

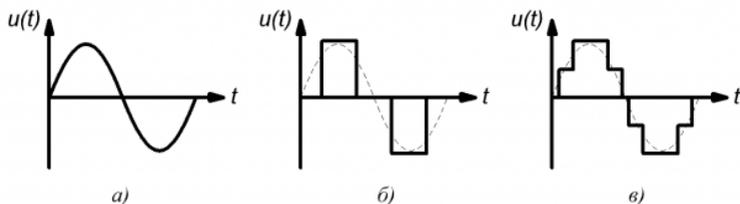


Рис. 1.3.11. Напряжения на выходе инверторов АБЭ:
а - синусоидальное, б - двухступенчатая аппроксимация синусоиды, в - трехступенчатая аппроксимация синусоиды.

Таблица 1.3.2.
Сравнительные характеристики АБЭ

| | Off-line | Line-interactive | On-line |
|---------------------------|------------------|------------------|--------------------------|
| Мощность ИБП | до 1 кВА | до 4кВА | 10 кВА >> |
| Режим работы | от сети | | |
| Стабилизация напряжения. | нет | ступенчатая | полная |
| Стабилизация частоты | нет | нет | есть |
| Фильтрация помех | слабая | средняя | максимальная |
| Режим работы | От встроенных АБ | | |
| Частота переходов | частая | средняя | Время полного разряда АБ |
| Время перехода на батареи | 5-15 мсек | 2-6 мсек | Нет перехода |
| Форма синусоиды | трапецеидальная | синусоидальная | синусоидальная |
| Гальваническая развязка | нет | нет | ДА |

У агрегатов on-line при любых режимах функционирования сети электроэнергия поступает на нагрузку от генератора синусоидального напряжения со стабильными значениями напряжения,



частоты, синусоидальности. К сетевому выпрямителю подключается АБ. Если в АБЭ вида Off-line. инвертор подключается только при снижении напряжения сети ниже заданного уровня, то в АБЭ вида on-line инвертор работает постоянно, благодаря чему обеспечивается гальваническая развязка от сети, защита от перенапряжений и провалов сетевого напряжения, ограничивается утечка информации по цепям электроснабжения.

Широкий диапазон стабилизации входного напряжения и что самое важное – стабилизация происходит не ступенчато, АБЭ данного класса выдают на выходе практически идеальную форму синусоиды (рис.1.3.11. а). При любых коллизиях на входе, на выходе всегда $220\text{В} \pm 10\%$.