



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.

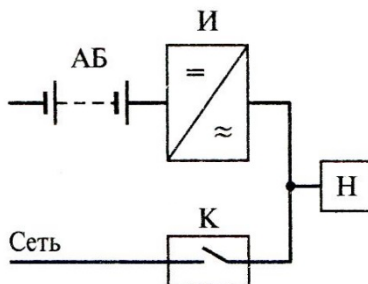


Рис. 1.3.1. Структурная схема АБЭ переменного тока с обратимым инвертором

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.

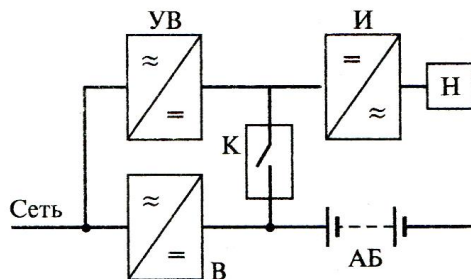


Рис. 1.3.2. Структурная схема АБЭ переменного тока с управляемым выпрямителем и подзарядкой АБ от выделенного выпрямителя

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.

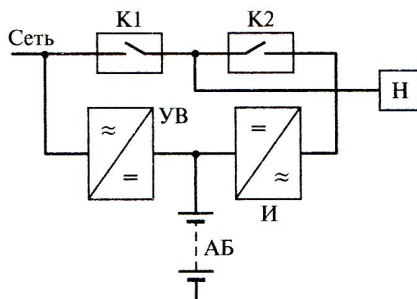


Рис. 1.3.3. Структурная схема АБЭ переменного тока с управляемым выпрямителем

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.

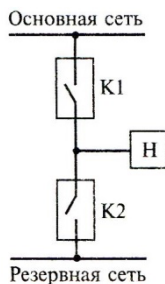


Рис. 1.3.4. Структурная схема АБЭ переменного тока с резервной сетью

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.

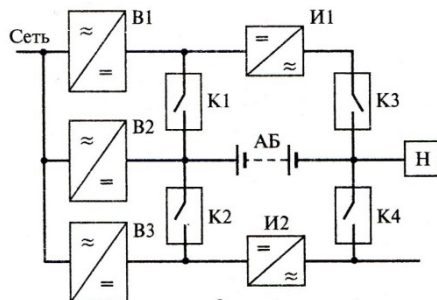


Рис. 1.3.5. Структурная схема АБЭ переменного тока с повышенной мощностью нагрузки

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 V2, а нагрузка Н получает электроэнергию от выпрямителей V1 и V3 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.

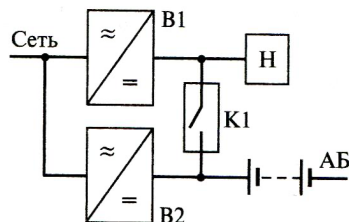


Рис. 1.3.6. Структурная схема АБЭ постоянного тока

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.

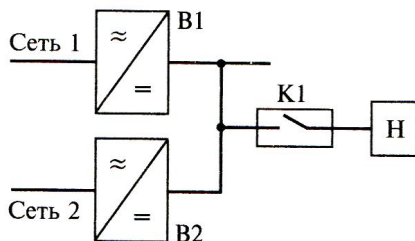


Рис. 1.3.7. Структурная схема АБЭ постоянного тока

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.

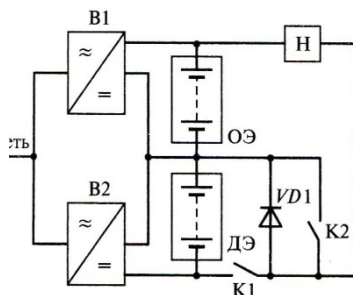


Рис. 1.3.8. Структурная схема АБЭ постоянного тока с секционированным включением АБ

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.

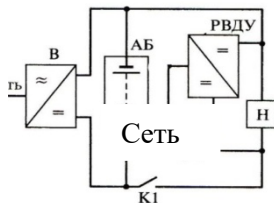


Рис. 1.3.9. Структурная схема АБЭ постоянного тока с вольтодобавкой

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

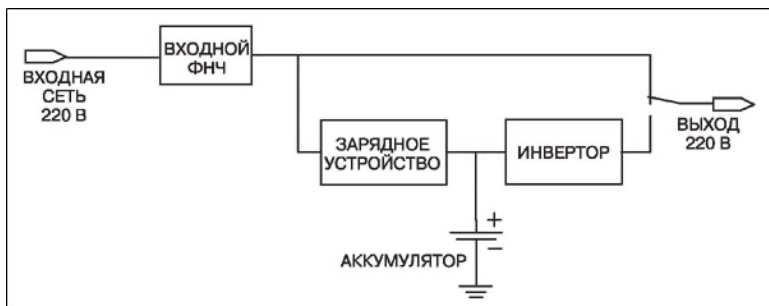
В иностранной печати различают три вида АБЭ:

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

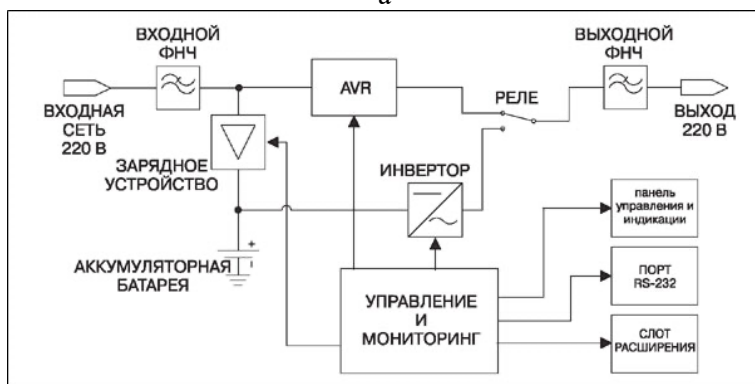
У АБЭ off-line осуществляется прямая подача электроэнергии сети потребителю в нормальном режиме и подключение генератора синусоидального (инвертор) напряжения при аварии в электросети за время от 2 до 10 мс (рис. 1.3.10а).

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.)

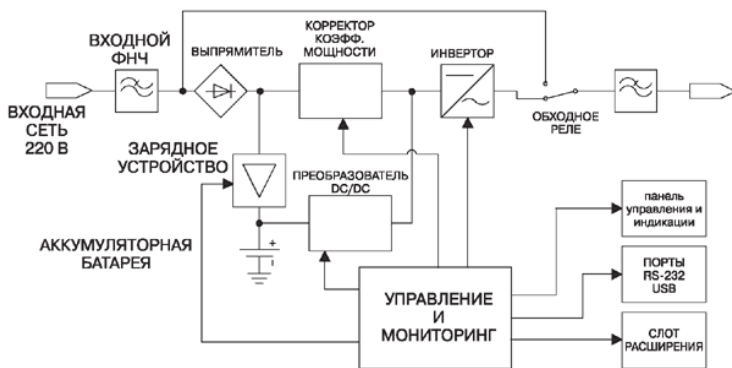
В АБЭ с двойным преобразованием типа On-line (рис.1.3.11 в): Eaton, APC, Liebert, East, DeltaES, Inelt, Makelsan, Helior нет переключения на АКБ при пропадании центрального электроснабжения поэтому нагрузка не почувствует момента пропадания напряжения на входе АБЭ.



а



б



в

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

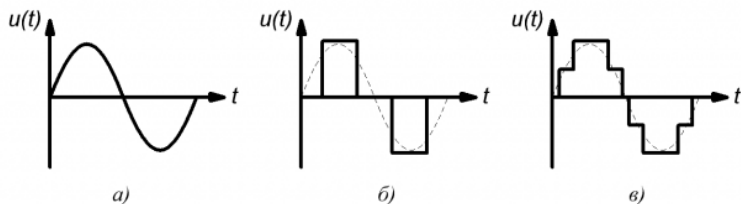


Рис. 1.3.11. Напряжения на выходе инверторов АБЭ:
а - синусоидальное, б - двухступенчатая аппроксимация синусоиды, в - трехступенчатая аппроксимация синусоиды.

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 $220\text{В} \pm 10\%$.