

Лекция 11. Организация электропитания АСОИиУ. Выбор, установка и эксплуатация систем и источников бесперебойного питания для технических средств АСОИиУ.

5.4 Организация электропитания серверов (Краткое изложение содержания учебно-методического пособия)

Качество электроэнергии влияет на работоспособность и эффективность функционирования оборудования АСОИиУ, особенно серверов, и нормируется ГОСТ 13109–97 «Нормы качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения». Требования к надежности электроснабжения приведены и в нормативном документе. «Правила устройства электроустановок».

От бесперебойной и стабильной работы электропитания зависит корректная работа всех остальных компонент сервера. Для обеспечения надежной и отказоустойчивой работы сервера, его блок питания должен соответствовать требованиям стандарта «Усовершенствованная передовая технология» версии 2.2 (Advanced Technology Extended – ATX 12V) . Требования этого стандарта регламентируют целый ряд параметров блока питания, в частности, положение блока питания в корпусе сервера, виды защит блока питания, электрические характеристики блока питания и их допустимые отклонения, минимальный уровень коэффициента полезного действия (КПД) блока питания и т. д.

Следует отметить следующие виды защит, которые должен иметь сертифицированный блок питания сервера:

- защита от короткого замыкания (Short Circuit Protection – SCP);
- защита от большого тока ОСП (Over Current Protection – OCP);
- защита от пониженного напряжения (Under Voltage Protection- UVP);
- защита от повышенного напряжения (Over Voltage Protection –OVP);
- защита от перегрузок (Overload Protection –OLP);
- защита от перегрева (Overheating Protection –OTP).

Кроме этого блок питания сервера должен позволять работать на холостом ходу без нагрузки (No Load Operation – NLO)

Для сертифицированного блока питания сервера изменения значений его выходных напряжений должны находиться в следующих границах::

- для напряжения +3,3В (от + 3,14В до + 3,47В);
- для напряжения +5В (от + 4,75В до + 5,25В);
- для напряжения +12В (от + 11,64В до + 12,60В);
- для напряжения - 12В (от -11,40В до - 13,08В);

Сертифицированный блок питания сервера также должен соответствовать следующим требованиям:

- стабильно работать при нормальном напряжении 220В в диапазоне изменения входного напряжения от 180В до 264В.
- коэффициент полезного действия более 80%;
- среднее время безотказной работы более 100 тысяч часов;
- удерживать выходное напряжение, в пределах точно заданных значений, после отключения входного, не менее чем 20 мс
- шум, создаваемый вентиляторами охлаждения, не должен превышать 55 дБ.

Блок питания сервера обычно подключают к сети электропитания не непосредственно, а через источник бесперебойного питания (ИБП). Это связано с тем, что если в сети электропитания возникнут неполадки, то их влияние не повредит работе сервера.

Анализ электропитания АСОИиУ показал, что основными видами неполадок во входной электрической сети являются:

- 1) исчезновение напряжения по причине аварий;
- 2) «провал» напряжения вследствие перегрузок;
- 3) кратковременное увеличение напряжения в результате уменьшения нагрузки;
- 4) кратковременное уменьшение напряжения в результате увеличения нагрузки;

5) появление высоковольтных наносекундных импульсов по причине грозных разрядов;

6) появление электромагнитных и радиочастотных помех, обусловленных расположением вблизи оборудования работающих электроприборов;

7) кратковременное отсутствие напряжения вследствие переходных процессов при коммутации;

8) искажение синусоидальности напряжения в результате перегрузки нейтрального провода;

9) нестабильность частоты питания, вызванная сбоями в системе управления электропитанием.

Для обеспечения электропитания АСОИиУ во время неполадок, возникших во входной электрической сети, как правило, используют источники бесперебойного питания (ИБП) или системы бесперебойного питания (СБП), которые состоят из набора ИБП..

Наиболее широко использую ИБП следующих трех типов:

- ИБП типа On-Line, которые практически защищают нагрузку от всех ранее перечисленных девяти основных видов неполадок;

- ИБП типа Off-Line, которые приемлемо защищают нагрузку только от первых пяти видов неполадок и очень слабо от неполадок, связанных с появлением высоковольтных наносекундных импульсов, электромагнитных и радиочастотных помех.

- ИБП типа Line Interactive, которые приемлемо защищают нагрузку от неполадок первых семи видов.

Основными характеристиками ИБП являются следующие:

электрические:

- напряжение питания и допуски на это напряжение;

- размер окна (разность между максимальным и минимальным значениями входного напряжения, при которых ИБП переключается на режим работы от батареи и нагрузка получает питание от этой батареи);

- форма выходного сигнала (синусоидальная или прямоугольная);
- частота напряжения питания (Гц) электрической сети;

энергетические:

- выходная мощность ИБП (ВА);
- коэффициент полезного действия ИБП (отношение выходной мощности к входной);

временные:

- время зарядки аккумуляторной батареи (АКБ) (ч);
- время переключения на режим работы ИБП от батареи (мс);
- время работы ИБП от батареи (мин);

эксплуатационные:

- климатические условия работы ИБП, т. е. высота над уровнем моря и влажность (обычно до 90 %);
- защита от внешних воздействий;
- габариты, масса ИБП без батареи и с батареей;
- энерговооруженность \mathcal{E} , которую определяют по формуле

$$\mathcal{E} = T_{\text{АКБ}} / M_{\text{ИБП}}, \quad (5.20)$$

где $T_{\text{АКБ}}$ — время работы ИБП от аккумуляторной батареи, мин;

$M_{\text{ИБП}}$ — масса ИБП, кг.

Источник бесперебойного питания выбирают с учетом требуемой мощности $P_{\text{ИБП}}$ и требуемого времени работы от аккумуляторной батареи $T_{\text{АКБ}}$ по следующим формулам:

$$P_{\text{ИБП}} = \frac{K_{\text{зап}} P_{\text{Н}}}{K_{\text{М}}} = \frac{1,4 P_{\text{Н}}}{0,7} = 2 P_{\text{Н}},$$

где $P_{ИБП}$ — требуемая минимально необходимая мощность ИБП, ВА; P_H — суммарная мощность нагрузки, подключаемой к ИБП, Вт; $K_{зап}$ — коэффициент запаса ИБП по мощности, обычно $K_{зап}=1,4$; K_M — коэффициент мощности ИБП, учитывающий перевод единиц мощности из ватт в вольт-амперы; для компьютерного оборудования $K_M=0,7$;

$$T_{АКБ} = \frac{EU\eta}{P_H},$$

где $T_{АКБ}$ — время работы ИБП от аккумуляторной батареи, ч; E — емкость аккумуляторной батареи, А·ч; U — напряжение электропитания аккумуляторной батареи, В; η — коэффициент полезного действия ИБП.

Пример 5.3 Определите время работы ИБП от аккумуляторной батареи, если он имеет следующие параметры: $E = 17$ А·ч, $U = 12$ В, $\eta=0,85$, а мощность подключенной к нему нагрузки $P_H = 600$ Вт.

Решение. После подстановки исходных данных в формулу (5.22) имеем

$$T_{АКБ} = \frac{EU\eta}{P_H} = \frac{17 \cdot 12 \cdot 0,85}{600} = 0,289 \text{ ч} = 17,35 \text{ мин.}$$

Сравнительный анализ основных типов ИБП приведен в табл. 5.5

Таблица 5.5

Сравнительный анализ параметров основных типов ИБП

Параметр ИБП	Тип ИБП		
	On-Line	Off-Line	Line Interactive*
Размер окна	120	63	120
Верхняя граница окна, В	295	260	295
Нижняя граница окна, В	175	197	175
Форма выходного напряжения	Синусоидальная	Прямоугольная	Близкая к синусоидальной
КПД	0,7–0,8	0,93–0,95	0,85–0,92
Время переключения на режим работы от АКБ, мс	практически нуль	15–30	2–5

* ИБП типа Line Interactive — наилучший вариант для использования в АСОИиУ.

Для обеспечения надежного функционирования АСОИиУ отдельные ИБП объединяют в систему бесперебойного питания (СБП).

Архитектуру СБП обычно описывают с помощью выражения

$$M(N + K), \quad (5.23)$$

где M — число групп ИБП, которые резервируются параллельно; N — число основных ИБП; K — число резервных ИБП.

Среднее время наработки на отказ у современных ИБП составляет около 50 тыс.ч, а у СБП — до 500 тыс.ч и более.

Четыре уровня защиты оборудования АСОИиУ с использованием системы бесперебойного питания приведены в табл. 5.6

Таблица 5.6

Значения параметров уровней системы защиты АСОИиУ

Параметр системы защиты	Уровни системы защиты АСОИиУ			
	1	2	3	4
Время простоя за год, ч	28,9	21,8	1,75	0,435
Коэффициент готовности, %	99,66	99,75	99,98	99,995
Архитектура СБП	N	$(N + 1)$	$(N + 2)$	$2(N + 1)$

Для обеспечения защиты оборудования АСОИиУ рекомендуется использовать на входе системы следующие варианты архитектуры СБП:

- для уровня защиты 1 — ИБП типа Off-Line или Line Interactive;
- для уровня защиты 2 — ИБП Line Interactive с одним резервным элементом;
- для уровня защиты 3 — ИБП Line Interactive с двумя резервными элементами;
- для уровня защиты 4 — две группы параллельно работающих ИБП типа Line Interactive, каждая с одним резервным элементом.

Группы ИБП получают питание от разных источников. Подключение и переключение шин питания осуществляется с помощью автоматического включения резерва (АВР).

Рекомендуется соблюдать следующие правила эксплуатации ИБП.

1. Прежде чем включать новый ИБП, нужно зарядить его батарею. Рекомендуемое время первой зарядки АКБ — около 24 ч.
2. К ИБП следует подключать только ту нагрузку, которая действительно требует бесперебойного питания. Не следует подключать принтеры.
3. Не следует перегружать ИБП, они не могут работать с перегрузкой.
4. Для качественного подавление помех сопротивление заземляющей шины ИБП должно составлять менее 4 Ом.
5. Следует корректно установить границы окна ИБП (или «границы чувствительности» ИБП), т. е. верхнее и нижнее значения напряжения питания из набора допустимых значений для перевода ИБП на режим работы от АКБ и обратно, чтобы минимизировать число циклов таких переключений с целью увеличения срока службы АКБ и ИБП.
6. Для ИБП мощностью более 2 кВА регулярно, один раз в квартал, следует проводить сервисное обслуживание.
7. Следует соблюдать рекомендуемый температурный режим окружающей среды 0...25 °С для нормальной работы ИБП. Нельзя переохлаждать ИБП и подвергать его воздействию влаги.
8. Регулировку и настройку рабочих параметров. ИБП следует осуществлять в автономном режиме.

В процессе тестирования работы ИБП проверяют следующие параметры:

- допустимые значения диапазона напряжений на входе, не вызывающие перехода на автономный режим;
- напряжение на батарее;
- напряжение на выходе инвертора;
- ток заряда батареи;
- емкость аккумуляторов (рекомендуется проводить один раз в год).

По результатам тестирования работы ИБП делают вывод:

- ИБП работает нормально;
- требуется детальная диагностика ИБП;
- требуется замена батареи в ИБП.

В составе ИБП, как правило, широко используют свинцово-кислотные батареи, обеспечивающие длительное фактическое время работы ИБП от АКБ. Однако они имеют и целый ряд недостатков:

- большие размеры и большую массу (более 20 кг);
- не очень большую энергетическую плотность батареи, т. е. отношение емкости батареи в (ампер-часах) к массе батареи в (кг);
- не очень большую энергоемкость батареи, т. е. отношение времени работы ИБП от АКБ в минутах к массе батареи в килограммах;
- небольшой средний срок службы (около 5 лет), даже при нормальных условиях работы (температура в помещении — не более 25 °С);
- большую чувствительность срока службы батареи к условиям окружающей среды. Так, фактический срок работы АКБ при постоянной температуре в помещении 35°С уменьшается почти в 2 раза (до 2,5 лет).

Можно выделить следующие основные факторы, влияющие на срок службы аккумуляторных батарей.

1. Температура окружающей среды. Превышение температуры на каждые 8...10 °С по сравнению с 25 °С уменьшает срок службы АКБ в 2 раза.

2. Цикличность перезарядки батареи. Каждый разряд и перезаряд батареи немного снижает емкость. Количество полных циклов разряда-заряда АКБ в среднем составляет от 300 до 400 за время ее работы до замены на новую.

3. Режим обслуживания батареи. Периодические профилактические работы, порядок проведения которых указан в инструкции по эксплуатации, продлевают срок службы батарей.

4. Качество зарядного устройства. Правильная работа зарядного устройства ИБП — это залог длительной работы АКБ. Главное, чтобы АКБ не перезаряжалась больше нормы (например, для 12-вольтового аккумулятора напряжение заряда не должно превышать 13,8 В).

5. Уменьшение нагрузки на ИБП позволяет увеличить срок службы АКБ и время работы ИБП от АКБ. Например, уменьшение нагрузки в 2 раза по сравнению с допустимой позволяет увеличить время работы от АКБ ориентировочно в 3 раза.

Рекомендуется соблюдать следующие правила эксплуатации свинцово-кислотных АКБ:

1. Разряженные АКБ следует хранить при температуре 10 °С или даже ниже. В процессе хранения АКБ следует заряжать каждые 6 месяцев, иначе их емкость будет уменьшаться.

2. Аккумуляторные батареи состоят из отдельных элементов напряжением по 2 В каждый. Для создания батареи более высокого напряжения отдельные элементы нужно соединять последовательно. Так, в 12-вольтовой батарее нужно последовательно соединить шесть элементов.

3. Подготовленные к установке в ИБП АКБ должны быть по возможности одного типа, одного производителя, из одной партии и одинаковой емкости.

4. Надежность группы из последовательно соединенных элементов определяется надежностью наименее надежного элемента. Поэтому, когда один из элементов выходит из строя, выходит из строя и батарея в целом.

5. Если батарея не используется, то она подвергается саморазряду, скорость которого составляет около 3 % в месяц при температуре окружающей среды около 20 °С.

6. Имеют место следующие способы зарядки аккумуляторной батареи:

- зарядка при постоянном напряжении;
- зарядка при постоянной силе тока;

- двухступенчатая зарядка при постоянном напряжении.

Наиболее предпочтительным способом является зарядка АКБ при постоянном напряжении, позволяющая ее зарядить до 90...95 % ее номинальной емкости.

Следует строго соблюдать правила эксплуатации АКБ, поскольку стоимость батареи составляет до 30 % первоначальной стоимости ИБП.

Далее рассмотрены примеры выбора ИБЛ

Сравнительный анализ типов ИБП

Пример 1 Сравнить три типа ИБП, исходные данные которых приведены в табо.

Таблица П.1.1

Исходные данных типов ИБП

Параметр ИБП	Тип ИБП		
	On-Line	Off-Line	Line Interactive*
	В1	В2	В3
К1 Размер окна (В)	120	60	120
К2 Форма выходного напряжения	Синусоидальная	Прямоугольная	Близкая к синусоидальной
К3 КПД	0,76	0,95	0,9
К4 Время переключения на режим работы от АКБ, (мс)	0,25	14	2,5
К5 Стоимость (усл ед)	200	100	125

Решение. В табл. П1.2 приведены результаты попарного сравнения вариантов с целью отбора среди них парето-оптимальных вариантов.

Таблица П1.2

Сравнение вариантов ИБП на Парето-оптимальность

Вариант ИБП	Вариант ИБП		
	В1	В2	В3
В1	0	0	0
В2	0	0	0
В3	0	0	0
Результат сравнения	0	0	0
Парето-оптимальность варианта	Да	Да	Да

Анализ данных, приведенных в табл. П1.2 показывает, что все варианты сравниваемых ИБП являются Парето-оптимальными и требуется проведение их дальнейшего сравнения.

Используем критерий: Взвешенная сумма локальных критериев

$$Y_j = \sum_i^n \alpha_i k_{ij}$$

α_i - весовые коэффициенты локальных критериев вычисляем с помощью базового критерия

k_{ij} - нормированные значения варианта j по критерию i вычисляем следующим образом:

Для К2, К3 и К4 используя вербально-числовые шкалы

Для К1 по формуле $k_{ij} = \frac{X_{ij}^-}{X_i^+}$ Для К5 по формуле $k_{ij} = \frac{X_i^-}{X_{ij}^-}$,

где $X_i^+ = \max_j X_{ij}$ — значение i -го локального критерия, соответствующее максимальному значению среди сравниваемых вариантов решения;
 $X_i^- = \min_j X_{ij}$ — значение i -го локального критерия, соответствующее минимальному значению среди сравниваемых вариантов решения.

Таблица П1.3

Вербально-числовая шкала для критерия К2 (форма выходного напряжения)

Синусоидальная	Очень близкая к синусоидальной	Близкая к синусоидальной	Не очень близкая к синусоидальной	Далекая от синусоидальной	Прямоугольная
$k_{ij} = 1$	$k_{ij} = 0,9$	$k_{ij} = 0,8$	$k_{ij} = 0,7$	$k_{ij} = 0,6$	$k_{ij} = 0,5$

Таблица П1.4

Вербально-числовая шкала для критерия К3 (коэффициент полезного действия)

$\geq 0,95$	$0,9 \leq k < 0,95$	$0,8 \leq k < 0,9$	$0,7 \leq k < 0,8$	$0,6 \leq k < 0,7$	$0,5 \leq k < 0,6$
$k_{ij} = 1$	$k_{ij} = 0,95$	$k_{ij} = 0,9$	$k_{ij} = 0,8$	$k_{ij} = 0,7$	$k_{ij} = 0,6$

Таблица П1.5

Вербально-числовая шкала для критерия К4 (время переключения на работу от батареи)

Менее 0,5 мс	От 0,5 мс до 5 мс	От 5 мс до 10 мс	От 10 мс до 15 мс	От 15 мс до 20 мс	Более 20 мс
$k_{ij} = 1$	$k_{ij} = 0,9$	$k_{ij} = 0,8$	$k_{ij} = 0,8$	$k_{ij} = 0,7$	$k_{ij} = 0,6$

Таблица П1.5

Нормированные значения сравниваемых вариантов

Критерий	Весовой коэффициент	Тип ИБП		
		On-Line	Off-Line	Line Interactive*
		B1	B2	B3
K1	0,4	1	0,5	1
K2	0,2	1	0,5	0,8
K3	0,2	0,8	1	0,95
K4	0,1	1	0,7	0,9
K5	0,1	0,5	1	0,8
$Y_j = \sum_i^n \alpha_i k_{ij}$		0,91	0,67	0,92

$$Y_l = \max_i^n \alpha_i k_{ij}$$

Ранжирование вариантов по предпочтительности

$$B3 \succ B1 \succ B2$$

Выбор марки ИБП типа Line Interactive

Пример 2 Сравнить три марки (три варианта) ИБП типа Line Interactive. Исходные данные приведены в табл.П.2.1

Таблица П2.1

Исходные данных типов ИБП

Параметр ИБП	Тип ИБП Line Interactive		
	Марка 1	Марка 2	Марка 3*
	В1	В2	В3
К1 Размер окна (В)	125	100	100
К2 Документация	Очень хорошая	Отличная	Хорошая
К3 КПД	0,93	0,94	0,95
К4 Время переключения на режим работы от АКБ, (мс)	2,5	2,5	1,5
К5 Стоимость (усл ед)	100	125	125

Решение. В табл. П1.2 приведены результаты попарного сравнения вариантов с целью отбора среди них парето-оптимальных вариантов.

Таблица П2.2

Сравнение вариантов ИБП на Парето-оптимальность

Вариант ИБП	Вариант ИБП		
	В1	В2	В3
В1	0	0	0
В2	0	0	0
В3	0	0	0
Результат сравнения	0	0	0
Парето-оптимальность варианта	Да	Да	Да

Анализ данных, приведенных в табл. П.2.2 показывает, что все варианты сравниваемых ИБП являются Парето-оптимальными и требуется проведение их дальнейшего сравнения.

Используем критерий: Взвешенная сумма локальных критериев

$$Y_j = \sum_i^n \alpha_i k_{ij}$$

α_i - весовые коэффициенты локальных критериев вычисляем с помощью базового критерия k_{ij} - нормированные значения варианта j по критерию i вычисляем следующим образом:

Для К2, К3 и К4 используя вербально-числовые шкалы

Для К1 по формуле $k_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_i^+}$ Для К5 по формуле $k_{ij} = \frac{X_i^-}{X_{ij}}$,

где $X_i^+ = \max_j X_{ij}$ — значение i-го локального критерия, соответствующее

максимальному значению среди сравниваемых вариантов решения;

$X_i^- = \min_j X_{ij}$ — значение i-го локального критерия, соответствующее

минимальному значению среди сравниваемых вариантов решения.

Таблица П.2.3

Вербально-числовая шкала для критерия К2 (документация)

Отличная	Очень хорошая	Хорошая	Не совсем хорошая	Удовлетворительная	Плохая
$k_{ij} = 1$	$k_{ij} = 0,9$	$k_{ij} = 0,8$	$k_{ij} = 0,7$	$k_{ij} = 0,6$	$k_{ij} = 0,5$

Таблица П 2.4

Вербально-числовая шкала для критерия К3 (коэффициент полезного действия)

$\geq 0,95$	$0,94 \leq k < 0,95$	$0,93 \leq k < 0,94$	$0,92 \leq k < 0,93$	$0,91 \leq k < 0,92$	$k < 0,91$
$k_{ij} = 1$	$k_{ij} = 0,9$	$k_{ij} = 0,8$	$k_{ij} = 0,7$	$k_{ij} = 0,6$	$k_{ij} = 0,5$

Таблица П1.5

Вербально-числовая шкала для критерия К4 (время переключения на работу от батареи)

$T \leq 1,5$ мс	$1,5 < T \leq 2$ мс	$2 < T \leq 2,5$ мс	$2,5 < T \leq 3$ мс	$3 < T \leq 3,5$ мс	Более 3,5 мс
$k_{ij} = 1$	$k_{ij} = 0,9$	$k_{ij} = 0,8$	$k_{ij} = 0,7$	$k_{ij} = 0,6$	$k_{ij} = 0,5$

Таблица П2.5

Нормированные значения сравниваемых вариантов

Критерий	Весовой коэффициент	Тип ИБП		
		Марка 1	Марка 2	Марка 3*
		В1	В2	В3
К1	0,4	1	0,8	0,8
К2	0,1	0,9	1	0,8
К3	0,2	0,8	0,9	1
К4	0,1	0,8	0,8	1
К5	0,2	1	0,8	0,8
$Y_j = \sum_i^n \alpha_i k_{ij}$		0,93	0,84	0,86

$$Y_l = \max_i^n \alpha_i k_{ij}$$

Ранжирование вариантов по предпочтительности

$$B1 \succ B3 \succ B2$$