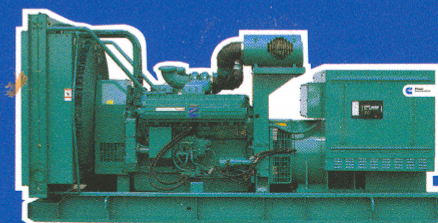




Generator Set Reference Manual



ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

ВВЕДЕНИЕ

Эта публикация, предпринятая компанией «Каминз Пауэр Дженерейшн Лтд», предназначена для тех, кто продает и представляет дизельные электростанции в Европе, Африке и на Ближнем Востоке.

Этот материал фокусируется на электрических аспектах данной технологии производства электроэнергии. Механические аспекты дизель-генераторных систем подробно отражены в инструкциях по установке и эксплуатации дизельных электростанций.

Содержание данной публикации разделено на шесть главных частей:

1. ВВЕДЕНИЕ

2. ОБЗОР ОСНОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Эта часть предназначена для краткого напоминания о фундаментальных основах электротехники.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Описание генераторов, автоматических выключателей, устройств автоматического резервирования, систем управления и устройств параллельной работы генераторов.

4. ТРЕБОВАНИЯ К МЕСТУ УСТАНОВКИ И АНАЛИЗ НАГРУЗКИ

Обзор условий места установки, влияющих на работу дизельной электростанции и пошаговое руководство по анализу нагрузок для выбора дизельэлектростанции.

5. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ УСТАНОВКИ

Обзор требований к электрическим проводникам при подключении дизельной электростанции и краткое резюме по поводу шума, производимого дизельной электростанцией.

6. ГЛОССАРИЙ И ССЫЛКИ

Глоссарий электрических и электронных терминов, связанных с дизельными электростанциями. Список полезных соотношений, промышленных стандартов и ссылочной информации.

ЧАСТЬ 2 – ОБЗОР ОСНОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**УКАЗАТЕЛЬ**

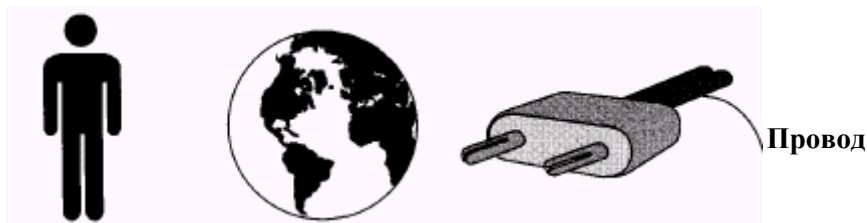
	страницы оригинала
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРОВОДНИКИ	3
РЕЗИСТОРЫ	7
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ РЕЗИСТОРОВ	10
ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ РЕЗИСТОРОВ	10
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК	11
ЗАКОН ОМА	12
МОЩНОСТЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА	14
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДНИКОВ	17
ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДНИКОВ	18
КОНДЕНСАТОРЫ	19
КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ	20
ТРАНСФОРМАТОРЫ	21
КРАТКИЙ ОБЗОР ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ	23
МАГНЕТИЗМ И МАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ	24
ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК	25
РЕАКТИВНЫЕ НАГРУЗКИ	26
МОЩНОСТЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	28
РЕГУЛИРОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ	29
ПОНЯТИЕ О ТРЕХФАЗНОЙ СИСТЕМЕ	30
ФОРМА КРИВОЙ И ГАРМОНИКИ	33
БАТАРЕИ	36
ОПЕРАЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ	38
ЕВРОПЕЙСКОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО	39
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ ДИРЕКТИВА	40
ДИРЕКТИВА ПО ОБОРУДОВАНИЮ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ	41
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ	42
ЕСТЕСТВЕННЫЕ МАГНИТЫ	45
МАГНЕТИЗМ	48
ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ	49
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ	50
ВВЕДЕНИЕ В ГЕНЕРАТОРЫ	55
УСТРОЙСТВО ПРОСТЕЙШЕГО ГЕНЕРАТОРА	56
РАБОТА ПРОСТЕЙШЕГО ГЕНЕРАТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ	57
ТОКОСЪЕМНИКА И ЩЕТОК	
ТРЕХФАЗНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ	61
ОБМОТКИ ГЕНЕРАТОРА	62
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЗВЕЗДОЙ	63
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЗВЕЗДОЙ	
ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЗВЕЗДОЙ	65
ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ГЕНЕРАТОРОВ	67
БЕЗЩЕТОЧНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ	68
УСТРОЙСТВО И РАБОТА ВОЗБУДИТЕЛЕЙ	68
ВЫПРЯМЛЕНИЕ	69
РЕГУЛИРОВКА НАПРЯЖЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА	71
РЕГУЛЯТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ	72

Стр. 2-3

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРОВОДНИКИ

Проводники – это такие материалы, которые в силу своих физических свойств проводят электрический ток. Примеры проводников:

- **ВСЕ МЕТАЛЛЫ**
- **ЗЕМЛЯ**
- **ЧЕЛОВЕЧЕСКОЕ ТЕЛО**

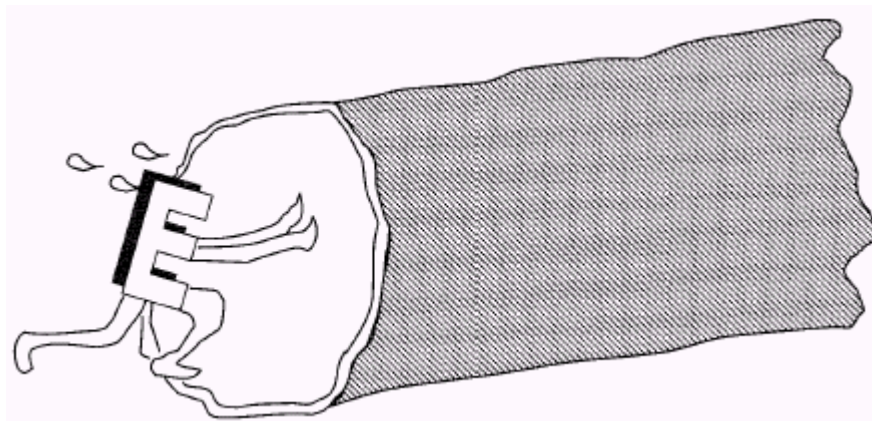
**ЧЕЛОВЕЧЕСКОЕ ТЕЛО****ЗЕМЛЯ****ВСЕ МЕТАЛЛЫ**

Насколько хорошо проводники проводят электрический ток:

- **ПРЯМО ПРОПОРЦИОНАЛЬНО ПЛОЩАДИ СВОЕГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ**
- **ПРЯМО ПРОПОРЦИОНАЛЬНО ПРОВОДИМОСТИ МАТЕРИАЛА, ИЗ КОТОРОГО ОНИ СДЕЛАНЫ**
- **ОБРАТНО ПРОПОРЦИОНАЛЬНО СВОЕЙ ДЛИНЕ**

Следовательно, кабели, которые имеют больший диаметр и меньшую длину, лучшие проводники (имеют меньшее сопротивление), чем кабели меньшего диаметра и большей длины.

Напряжение



Напряжение – это давление или электродвижущая сила.

Напряжение придает электронам «желание двигаться». Обозначение: E или U.

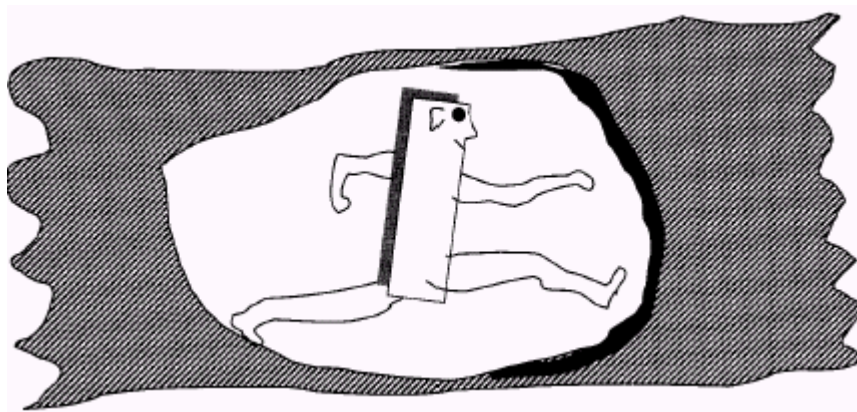
Измеряется в вольтах – обозначение В.

Прибор, измеряющий напряжение, называется вольтметр.

На схемах он обозначается:



Ток



Ток – это количество движущихся в одном направлении электрических зарядов.

Определение: направленное движение электронов в проводнике называется электрическим током.

Протекание $6,28 \times 10^{18}$ в секунду называется ампером.

Обозначение: 1 А.

Ток измеряется в амперах ($1\text{А} = 1$ кулон/сек).

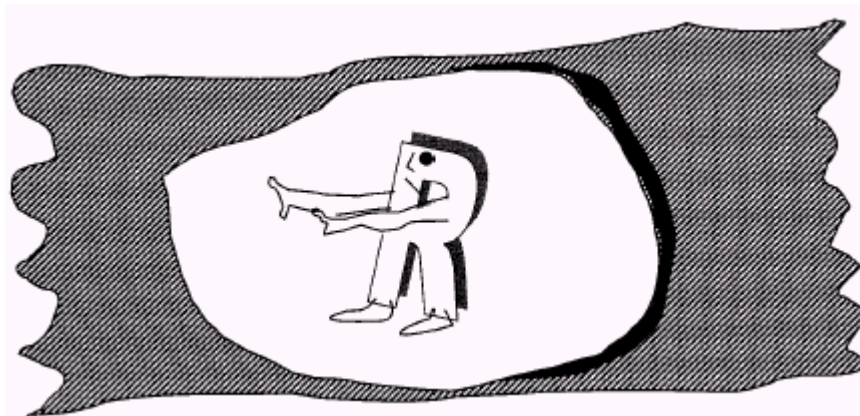
Прибор, измеряющий ток: амперметр.

На схемах он обозначается



Сопротивление

Сопротивление – это противодействие протеканию электрического тока.



Определение: Сопротивление – это, можно сказать, внутреннее трение, возникающее при движении электронов по проводу.

Обозначение: R , измеряется в омах.

Прибор для измерения сопротивления: омметр.

Стр. 2-7

РЕЗИСТОРЫ

Сопротивление – это величина противодействия проводника протеканию электрического тока. Все проводники имеют сопротивление. Сопротивление измеряется в **омах** (Ом) и пропорционально длине проводника и удельному сопротивлению его материала, и обратно пропорционально площади его сечения.

$$\text{СОПРОТИВЛЕНИЕ} = \rho L / A,$$

где ρ - удельное сопротивление материала,

L – длина проводника в метрах,

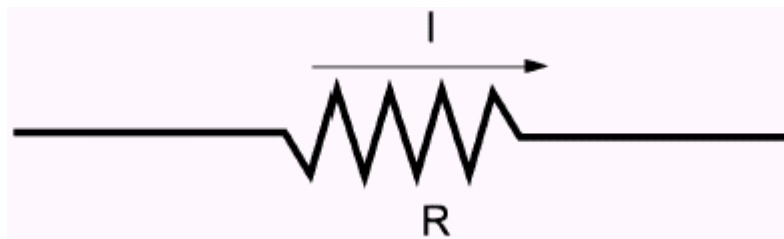
A – площадь поперечного сечения проводника в квадратных метрах.

Кабели и электрические контакты изготавливаются из материалов, имеющих очень малое удельное сопротивление. Материалы, из которых изготавливаются резисторы, имеют высокое удельное сопротивление. Резисторы – это приборы, обладающие определенным сопротивлением и предназначенные для рассеяния определенной энергии.

Резисторы изготавливаются из:

- **ДЛИННОЙ ПРОВОЛОКИ**
- **УГОЛЬНОЙ ПЛЕНКИ**
- **МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛЕНКИ**

Сопротивление в электрической цепи рассеивает энергию.



Энергия, рассеиваемая резистором:

$$P = I^2 \times R$$

где P в ваттах, I в амперах и R в омах.

Необходимо помнить, что проводники кабелей имеют сопротивление, которым можно пренебречь на коротких расстояниях, но на длинных расстояниях оно может достигать заметных величин. Для прикладных вычислений производители кабелей указывают их сопротивление на единицу длины.



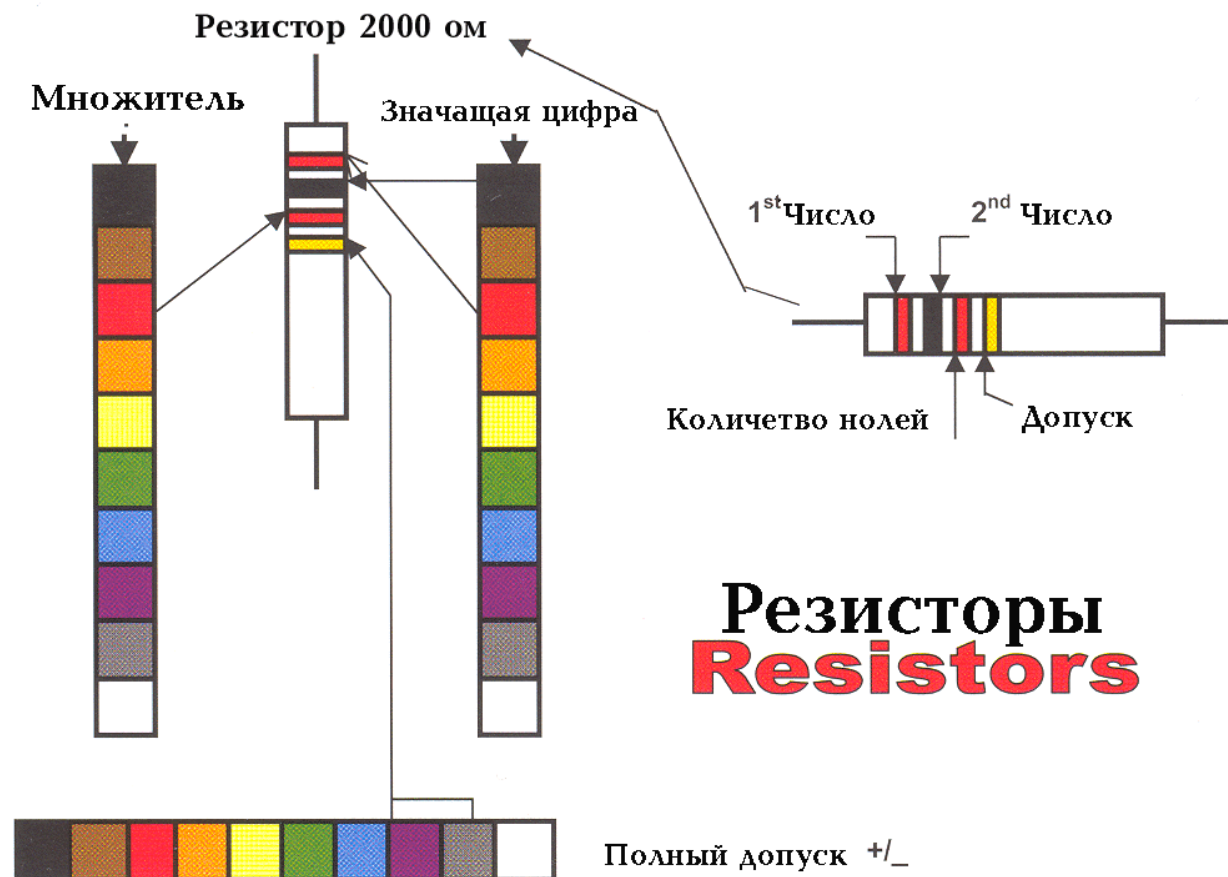
Стр. 2-8

Соединения проводников могут иметь сопротивление, когда сопряженные поверхности не прилегают вплотную. В особенности увеличивает переходное сопротивление коррозия проводников. Это может привести к нагреву соединения, расплавлению изоляции и проводника и даже к пожару. Важно убедиться, что все присоединения кабелей, находящихся под нагрузкой, надежны и плотно пригнаны. Системы шин и кабельные наконечники должны быть затянуты с требуемым усилием.

Сопротивление проводников растет с ростом температуры.

Стр. 2-9

Обозначение резистора на схемах: 



ЦВЕТОВОЙ КОД	ПЕРВАЯ ЦВЕТНАЯ ПОЛОСА	ВТОРАЯ ЦВЕТНАЯ ПОЛОСА	ТРЕТЬЯ ЦВЕТНАЯ ПОЛОСА	ЧЕТВЕРТАЯ ЦВЕТНАЯ ПОЛОСА
	ПЕРВАЯ ЗНАЧАЩАЯ ЦИФРА	ВТОРАЯ ЗНАЧАЩАЯ ЦИФРА	КОЛИЧЕСТВО ПОЛЕЙ	ДОПУСК
0 ЧЕРНЫЙ	0	0	0	НЕТ 20% СЕРЕБРЯНАЯ 10% ЗОЛОТАЯ 5% КРАСНАЯ 2% КОРИЧНЕВАЯ 1%
1 КОРИЧНЕВЫЙ	1	1	1	
2 КРАСНЫЙ	2	2	2	
3 ОРАНЖЕВЫЙ	3	3	3	
4 ЖЕЛТЫЙ	4	4	4	
5 ЗЕЛЕНЫЙ	5	5	5	
6 СИНИЙ	6	6	6	
7 ФИОЛЕТОВЫЙ	7	7	7	
8 СЕРЫЙ	8	8	8	
9 БЕЛЫЙ	9	9	9	



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ РЕЗИСТОРОВ

Для двух или более резисторов R_1 , R_2 и т.д., соединенных последовательно, общее сопротивление цепи R_t равняется:

$$R_t = R_1 + R_2$$

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ РЕЗИСТОРОВ

Для двух или более резисторов R_1 , R_2 и т.д., соединенных параллельно, общее сопротивление цепи R_t равняется:

$$1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2$$

Стр. 2-11

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

Электрический ток – это направленное движение электронов в проводнике. Ток обозначается **I**.

Сила тока в проводнике измеряется в **амперах**, сокращенно **A**.

ОДИН АМПЕР ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ КАК 6.242.000.000.000.000 ЭЛЕКТРОНОВ, ПРОХОДЯЩИХ ЧЕРЕЗ ДАННУЮ ТОЧКУ ЗА ОДНУ СЕКУНДУ.

ПОСТОЯННЫЙ ТОК

условно протекает только в одном направлении от положительного полюса к отрицательному.

ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК

протекает сначала в одном направлении, затем в другом в течении равных промежутков времени.

Для протекания тока необходимо наличие разности потенциалов. **РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ** можно представить как электрическое давление. Это электрическое давление предназначено для того, чтобы заставить ток течь в проводнике. Разность потенциалов часто называют **ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛОЙ** или **ЭДС**. Разность потенциалов измеряют в **ВОЛЬТАХ**, сокращенно **В**. Термины разность потенциалов, ЭДС и напряжения используются для обозначения электрического давления.

СОПРОТИВЛЕНИЕ протеканию электрического тока обозначается **R** и измеряется в омах. Сопротивление зависит от физического размера проводника и способности проводить электрический ток материала, из которого он сделан.

Величина, характеризующая насколько хорошо материал проводит электрический ток, называется **ПРОВОДИМОСТЬЮ**. Это величина, обратная сопротивлению.

Проводимость измеряется в **СИМЕНСАХ**.

ДЕЙСТВИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОВОДНИК.

Ток, протекающий в проводнике, есть результат свободного движения электронов между молекулами. Рост температуры усиливает колебание молекул, что затрудняет свободный ток электронов. Это затруднение движения может быть интерпретировано как увеличение сопротивления. Другими словами:

УВЕЛИЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРОВОДНИКА УВЕЛИЧИВАЕТ ЕГО СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРОТЕКАНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА (ИЛИ УМЕНЬШАЕТ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАК ПРОВОДНИКА).

Это означает, что кабели и выключатели должны работать при определенной максимальной рабочей температуре, при превышении которой их способность проводить электрический ток уменьшается.

Стр. 2-12

ЗАКОН ОМА

Постоянный ток, протекающий по электрической цепи, пропорционален напряжению, приложенному к этой цепи, и обратно пропорционален ее сопротивлению.

Соотношения **ЗАКОНА ОМА** могут быть выражены так:

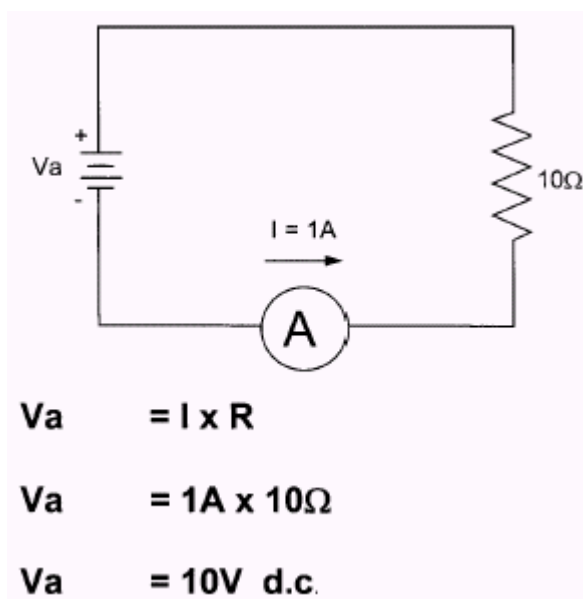
$$V = I \times R$$

$$I = V / R$$

$$R = V / I$$

где **V** в вольтах, **I** в амперах, **R** в омах.

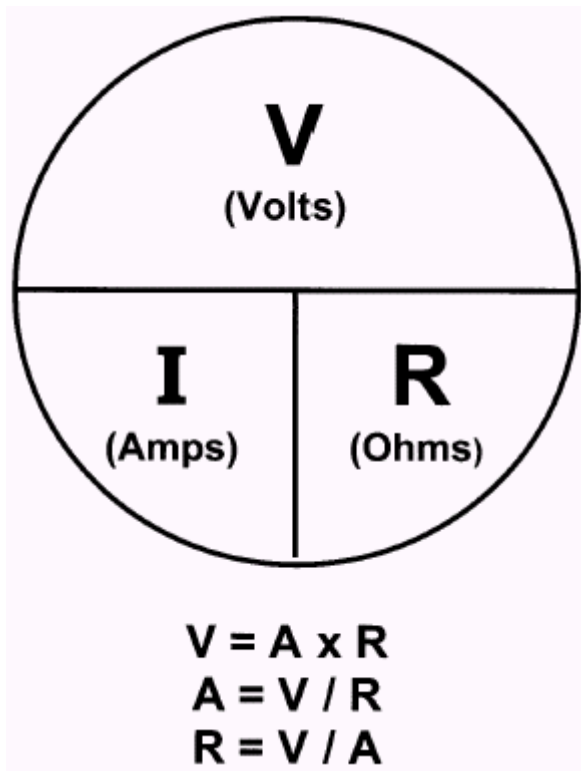
Например:



ЗАКОН ОМА

Чтобы найти вольты: $V = A \times R$ – Чтобы найти амперы: $A = V$ разделить на R
– Чтобы найти сопротивление: $R = V$ разделить на A

Простое приспособление для облегчения запоминания этих формул показано внизу



МОЩНОСТЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Мощность – это величина используемой энергии. Мощность в электрической цепи (обозначаемая P), равна величине постоянного тока, умноженной на напряжение. Мощность измеряется в **ВАТТАХ**. Мощность в ваттах может быть найдена тремя разными способами:

$$P = V \times I$$

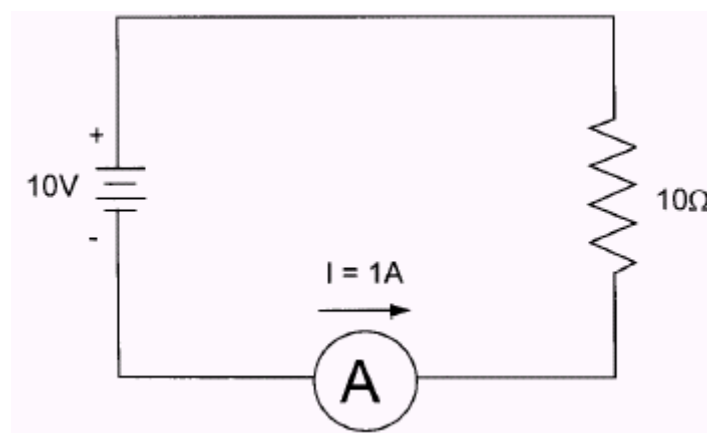
$$P = I^2 \times R$$

$$P = V^2 / R$$

где U в вольтах, I в амперах и R в омах.

Эти формулы могут быть использованы для всех цепей постоянного тока. Для цепей переменного тока применяется действующее значение тока. Действующее значение тока – это **ЭФФЕКТИВНОЕ** значение тока (см. переменный ток).

Например:



$$P = V \times I$$

$$P = 10V \times 1A$$

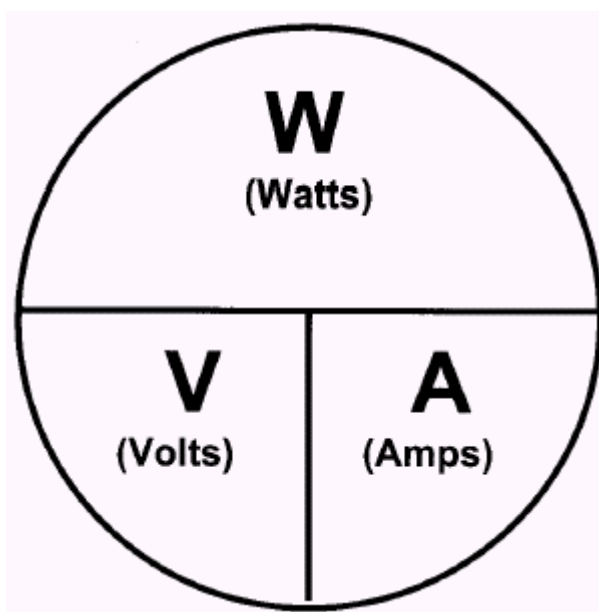
$$P = 10Вт$$

Ватты (Мощность)

- Количество произведенной работы.
- Один ватт = 0,746 лошадиной силы.
- 1 Ватт = 1 Ампер x 1 Вольт
- Измеряется ваттметром
- Обозначение ватта – Вт (или P).

Закон Ватта

Волшебный круг закона Ватта

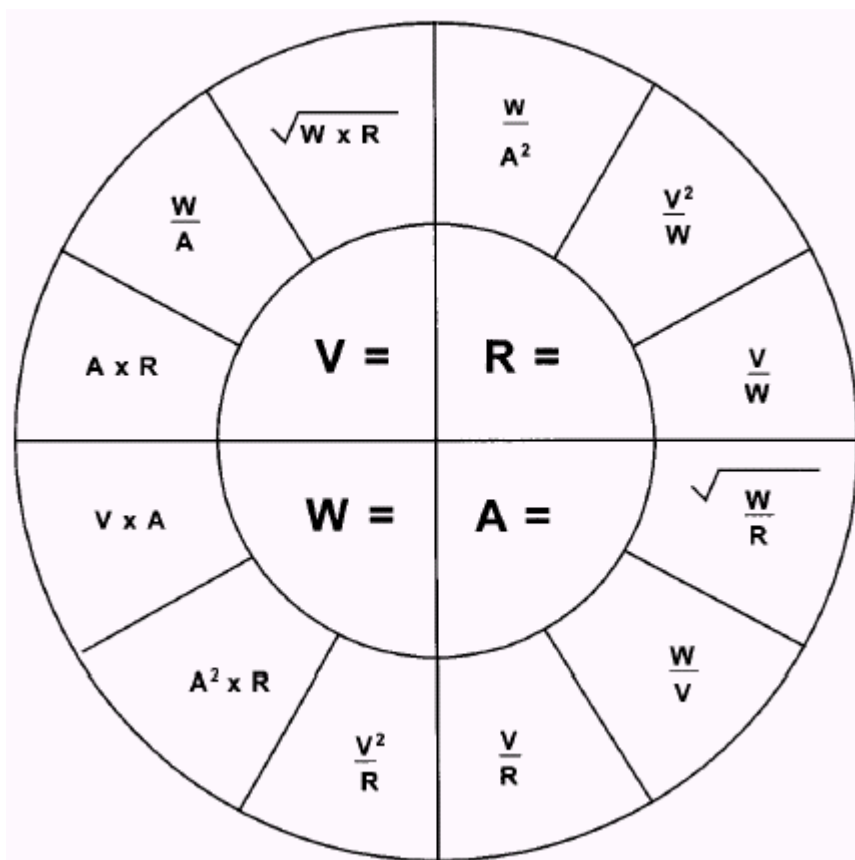


$$W = V \times A$$

$$V = W / A$$

$$A = W / V$$

Законы Ома и Ватта



**V = НАПРЯЖЕНИЕ
В ВОЛЬТАХ**

**R = СОПРОТИВЛЕНИЕ
В ОМАХ**

**A = ТОК
В АМПЕРАХ**

**W = МОЩНОСТЬ
В ВАТТАХ**

**НА ВЫШЕПРИВЕДЕННОЙ ДИАГРАММЕ ПОКАЗАНЫ ВСЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ V, A, R И W В ЗАКОНАХ ОМА И ВАТТА
(ПРИ КОЭФФИЦИЕНТЕ МОЩНОСТИ, РАВНОМ ЕДИНИЦЕ).**

Например: Чтобы найти W при известном V = 10 и R = 5

$$W = V^2 / R$$

или $10 \times 10 = 100$

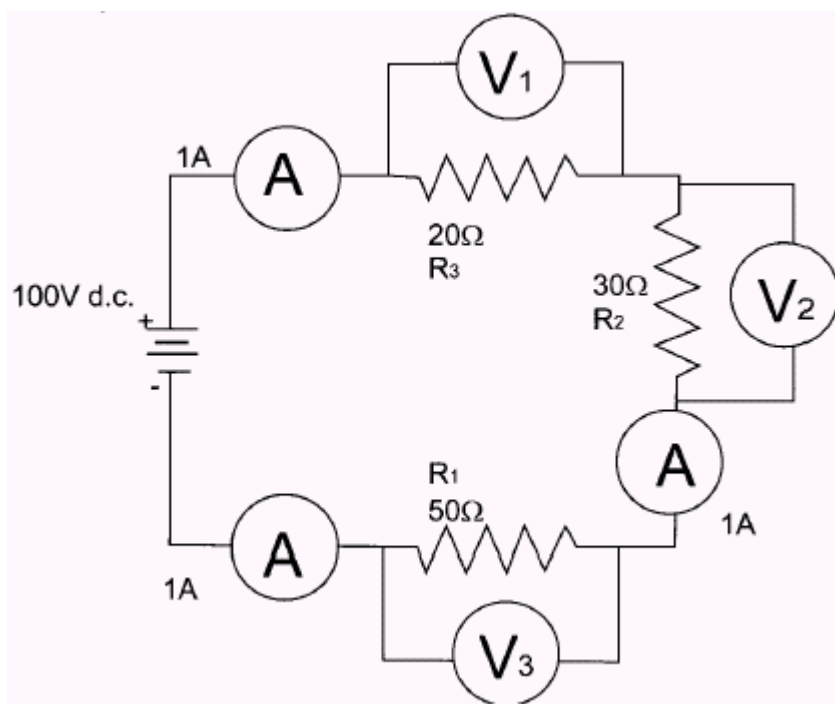
$100 / 5 = 20$ ватт

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ

Последовательные цепи имеют **ОДИН ПУТЬ** для протекания тока. Принято говорить, что нагрузки соединены последовательно, если они представляют из себя единственный путь для протекания тока между полюсами источника напряжения.

Через элементы нагрузки, соединенные последовательно, **ПРОТЕКАЕТ ОДИН И ТОТ ЖЕ ТОК**, но напряжения на них различны, пропорционально сопротивлению каждого из них.

Например:



Здесь

$$\begin{aligned} V_1 + V_2 + V_3 &= 100 \text{ V} \\ &= (1\text{A} \times 20 \text{ Ом}) + (1\text{A} \times 30 \text{ Ом}) + (1\text{A} \times 50 \text{ Ом}) \\ &= 20\text{В} + 30\text{В} + 50\text{В} \\ &= 100\text{В} \end{aligned}$$

(Пренебрегая токами через вольтметры).

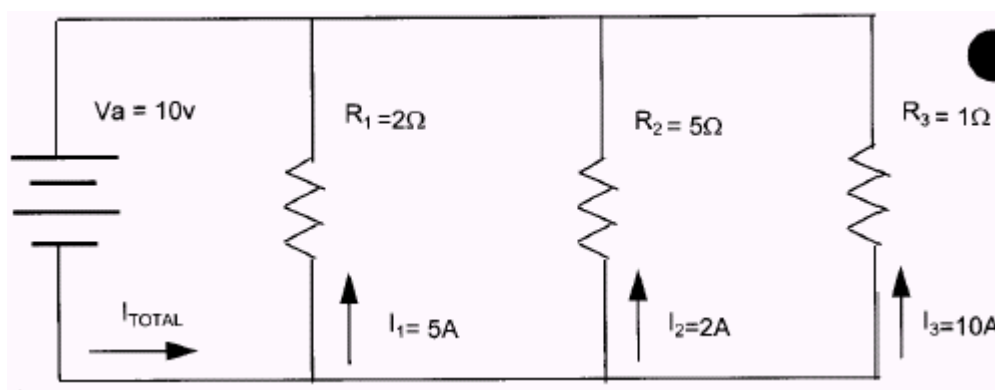
Стр. 2-18

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ

Параллельные цепи имеют два или более путей для протекания тока. Принято говорить, что нагрузки соединены параллельно, когда они подключены непосредственно к источнику напряжения.

На элементах нагрузки в параллельных цепях **ОДИНАКОВОЕ НАПРЯЖЕНИЕ**, но через них протекают разные токи пропорционально сопротивлению каждого из них.

Например:



Здесь

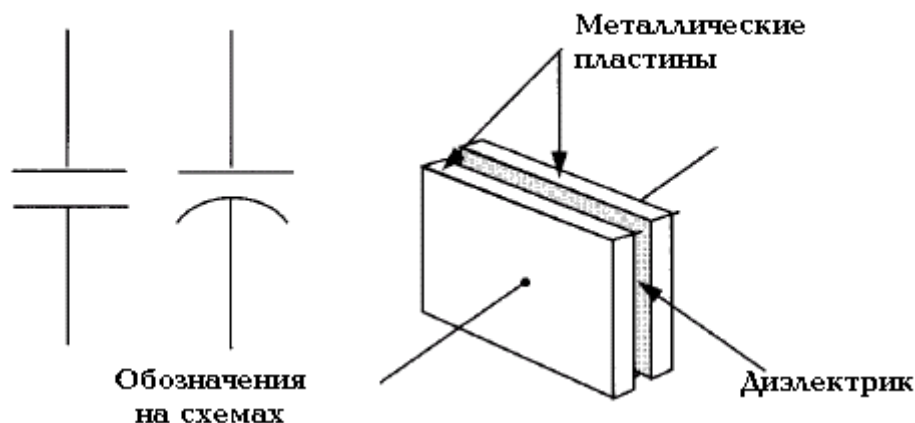
$$I_{\text{полный}} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$= 5\text{A} + 2\text{A} + 10\text{A}$$

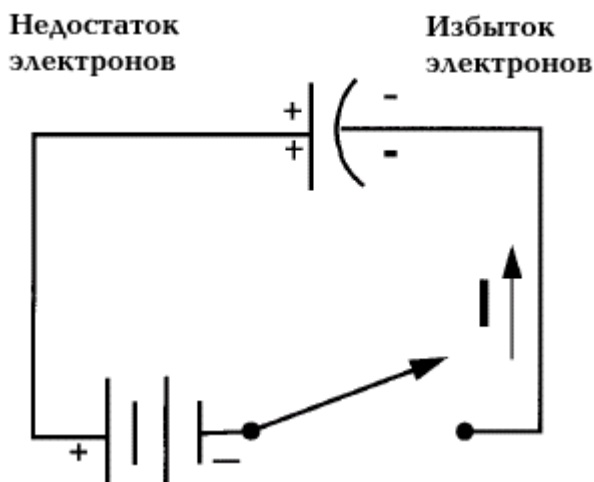
$$= 17\text{A}$$

КОНДЕНСАТОРЫ

Конденсаторы состоят из двух металлических пластин, разделенных изолирующим материалом, который называется **ДИЭЛЕКТРИК**. Диэлектрическими материалами являются полиэстер, слюда, полистирол и бумага. Конденсаторы препятствуют протеканию постоянного тока. Постоянное напряжение, приложенное к конденсатору, вызывает постоянный ток, который протекает, пока конденсатор полностью не зарядится.



Когда к пластинам конденсатора приложено напряжение, между ними возникает электрическое поле.



КОНДЕНСАТОРЫ ПРЕПЯТСТВУЮТ ИЗМЕНЕНИЮ НАПРЯЖЕНИЯ НА НИХ.

Идеальные конденсаторы не рассеивают мощность, они запасают энергию в форме электрического поля. Емкость измеряется в **ФАРАДАХ** (сокращенно **Ф**).

ФАРАДА – очень большая величина для используемых реально конденсаторов.

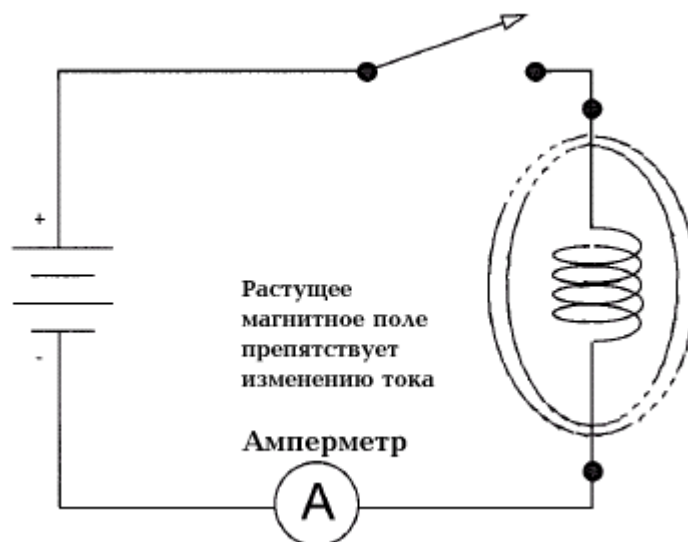
Более часто используются величины:

МИКРОФАРАДЫ (0, 000 001 Ф)	– 10^{-6} Ф
НАНОФАРАДЫ (0, 000 000 001 Ф)	– 10^{-9} Ф
ПИКОФАРАДЫ (0, 000 000 000 001 Ф)	– 10^{-12} Ф

Стр. 2-20

КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ

Катушки индуктивности состоят из проводников, намотанных на **СЕРДЕЧНИК**. При протекании электрического тока через катушку индуктивности возникает магнитное поле. Сердечник может быть просто воздухом или другим материалом, таким как железо или феррит, который улучшает способность сердечника концентрировать линии магнитного потока. Идеальная индуктивность является коротким замыканием для постоянного тока.



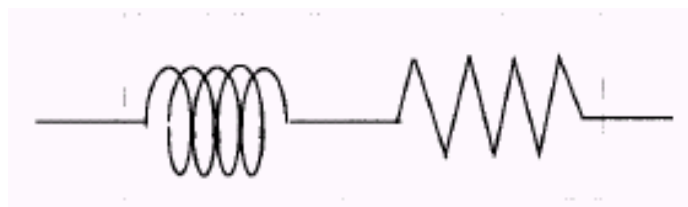
ИНДУКТИВНОСТЬ ПРЕПЯТСТВУЕТ ИЗМЕНЕНИЮ ТОКА

Идеальные индуктивности не рассеивают мощность, они запасают энергию в форме электромагнитного поля.

Индуктивность измеряется в **ГЕНРИ**, сокращенно **Гн**.

Электрические моторы используют электромагнитное поле, возникающее в обмотках. В реальных конструкциях индуктивности представляют из себя провода большой длины, которые имеют сопротивление.

ЭКВИВАЛЕНТНАЯ СХЕМА КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ, ПОКАЗЫВАЮЩАЯ ЕЕ АКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ



ТРАНСФОРМАТОРЫ

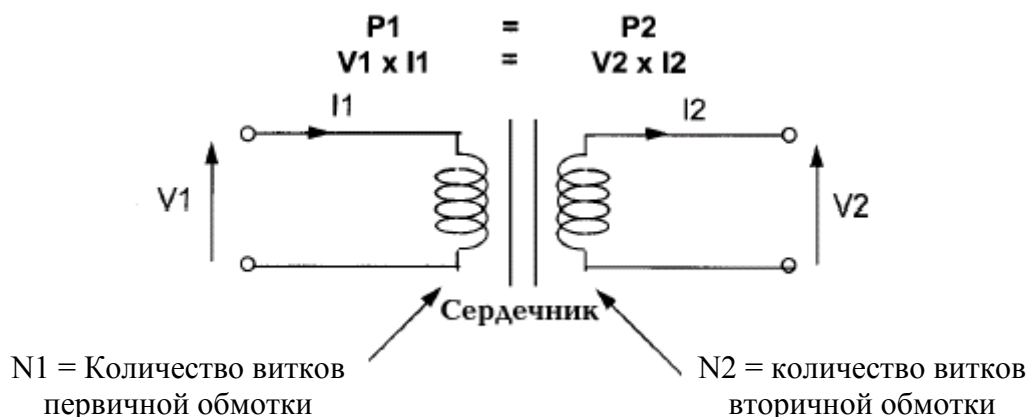
Трансформаторы состоят из двух катушек индуктивности, **ПЕРВИЧНОЙ** и **ВТОРИЧНОЙ**, находящихся в зоне действия одного и того же электромагнитного поля на общем сердечнике. Напряжение, приложенное к первичной обмотке, вызывает первичный ток. Это индуцирует напряжение во вторичной обмотке и вызывает вторичный ток, протекающий в подключенной к ней цепи. Отношение напряжения и тока во вторичной обмотке пропорционально напряжению и току в первичной, и отношению числа витков в первичной и вторичной обмотках. Трансформаторы используются для **ПОВЫШЕНИЯ** и **ПОНИЖЕНИЯ** напряжения и тока:

$$V_1/V_2 = N_1/N_2 = I_2/I_1$$

Идеальные трансформаторы не рассеивают мощность, мощность в первичной обмотке идеального трансформатора всегда равна мощности во вторичной обмотке. На практике трансформаторы рассеивают небольшой процент приложенной мощности в качестве потерь, вызванных:

- **ТОКОМ НАМАГНИЧИВАНИЯ СЕРДЕЧНИКА**
- **ПОТЕРЯМИ ГИСТЕРЕЗИСА И ВИХРЕВЫХ ТОКОВ**

Обычно потери составляют от 2% до 5% от величины первичного тока.



При одинаковом **МАГНИТНОМ ПОТОКЕ**, пронизывающем первичную и вторичную обмотки, напряжение на виток каждой обмотки одинаково. Для переменного тока синусоидальной формы, приложенного к трансформатору, формула для вычисления напряжения на виток имеет вид:

$$\text{НАПРЯЖЕНИЕ НА ВИТОК} = 4,44 F N \Phi,$$

где **F** – частота в герцах, **N** – коэффициент трансформации и **Φ** - магнитный поток, измеряемый в веберах. Магнитным потоком называются силовые линии магнитного поля.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

В генераторных установках трансформаторы используются для следующих измерений:

ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА

Использование трансформаторов тока (ТТ). Они представляют из себя вторичную обмотку, намотанную вокруг нагрузочного проводника, который играет роль первичной обмотки. При протекании тока в проводнике нагрузки меньший ток индуцируется и течет во вторичной обмотке ТТ. Он протекает через **НАГРУЗОЧНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ**, напряжение на нагрузочном сопротивлении пропорционально току нагрузки.

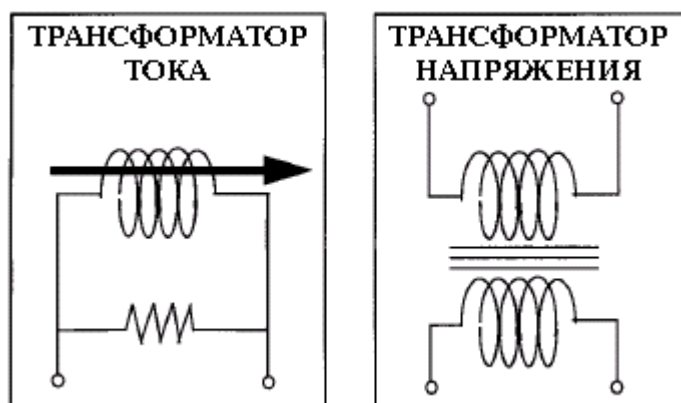
ТТ широко применяются при измерении переменного тока, а также как составная часть таких систем релейной защиты, как:

- **ЗАЩИТА ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ**
- **ЗАЩИТА ОТ НЕБАЛАНСА ФАЗ**
- **ЗАЩИТА ОБРАТНОЙ МОЩНОСТИ**

При наличии первичного тока цепь вторичной обмотки ТТ не должна быть разомкнута, так как в разомкнутой обмотке может быть индуцировано опасное напряжение.

ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Трансформаторы напряжения (ТН) используются в высоковольтных установках, где высокое напряжение* должно быть понижено до уровня низкого напряжения** для его измерения, что сделано из соображений безопасности. Высокое напряжение не может быть подано в панели управления, где работает обслуживающий персонал, из соображений безопасности.



СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Для преобразования напряжения одного уровня в напряжение другого в силовых цепях. В особенности, когда генерируется одно напряжение, а нагрузка питается другим. Силовые трансформаторы используются между нагрузкой и генератором, обычно для повышения напряжения низковольтного генератора.

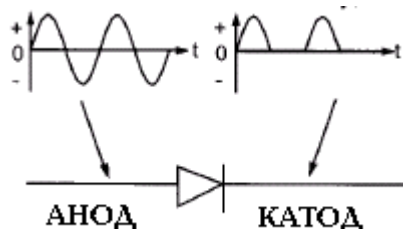
*Высокое напряжение (ВН) определяется CENELEC как напряжение выше 600В переменного тока.

**Низкое напряжение (НН) определяется CENELEC как напряжение ниже 600В переменного тока.

ОБЗОР ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

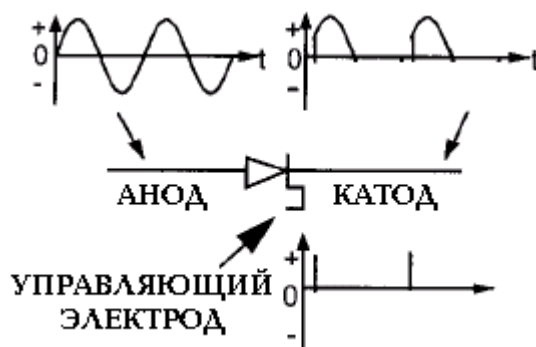
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД

Проводит только в одном направлении, используется для выпрямления переменного тока в постоянный.



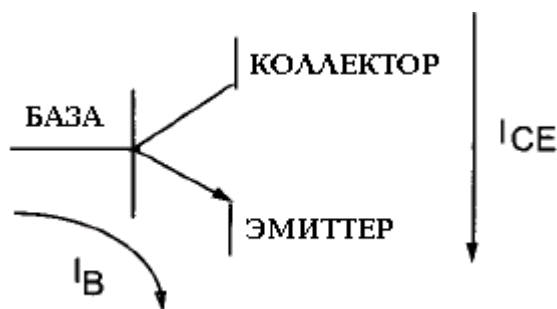
КРЕМНИЕВЫЙ УПРАВЛЯЕМЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ ИЛИ ТИРИСТОР

Проводит в одном направлении, но только когда напряжение приложено к его управляющему электроду. Таким образом, проводимость может контролироваться ИМПУЛЬСАМИ ЗАЖИГАНИЯ на управляющем электроде.



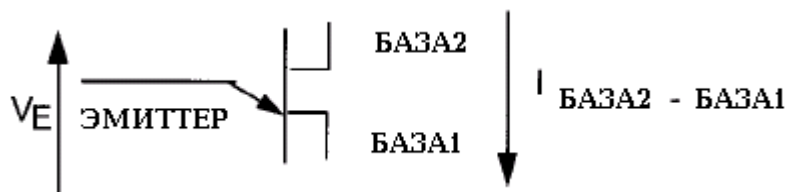
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Ток в цепи базы вызывает усиленный ток в цепи коллектор – эмиттер.



ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ОДНОПЕРЕХОДНЫЙ ТРАНЗИСТОР

Положительный потенциал на эмиттере вызывает протекание тока БАЗА 2 – БАЗА 1.



МАГНЕТИЗМ И МАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Магнитные материалы окружены невидимыми линиями **МАГНИТНОГО ПОТОКА**. Эти материалы обладают свойствами **ПРИТЯЖЕНИЯ** и **ОТТАЛКИВАНИЯ**.

Магнитными материалами являются:

- **ЖЕЛЕЗО**
- **НИКЕЛЬ**
- **КОБАЛЬТ**

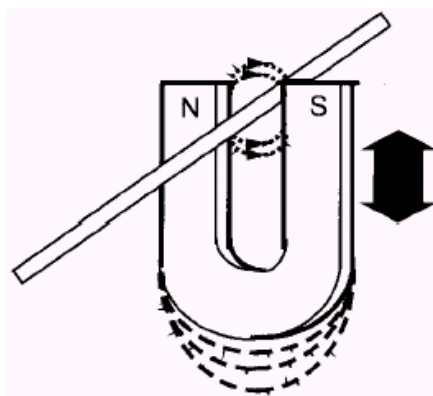
Магнитные материалы могут обладать магнитными свойствами **ВРЕМЕННО** или **ПОСТОЯННО**.

Когда проводник движется сквозь линии магнитного потока, в проводнике **ИНДУКТИРУЕТСЯ** ток.

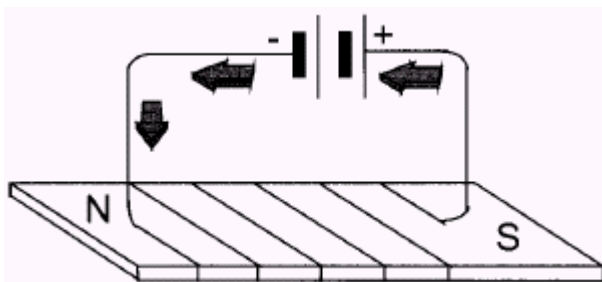
Также когда ток протекает по проводнику в магнитном поле, вокруг проводника возникает магнитное поле, которое вызывает силу действующую на проводник, которая может привести к его движению.

Есть три требования для индуцирования тока в проводе:

- **ПРОВОДНИК**
- **МАГНИТ**
- **ДВИЖЕНИЕ ПРОВОДА ОТНОСИТЕЛЬНО МАГНИТНОГО ПОЛЯ.**



Электромагниты состоят из проводников с током, намотанных на магнитные материалы. Ток ориентирует молекулы в магнитном материале и формирует электромагнит.



Стр. 2-25.

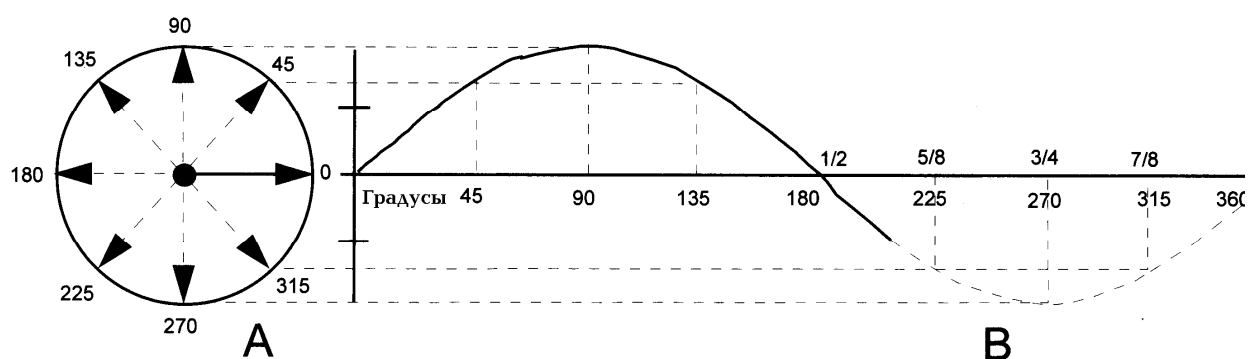
ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК

Электромагнитный генератор вырабатывает переменный ток с синусоидальной формой кривой.

Частота F длительного переменного тока :

$$F = 1 / t \text{ или } F = n / t$$

Здесь F в герцах или периодах в секунду, а n – количество периодов.

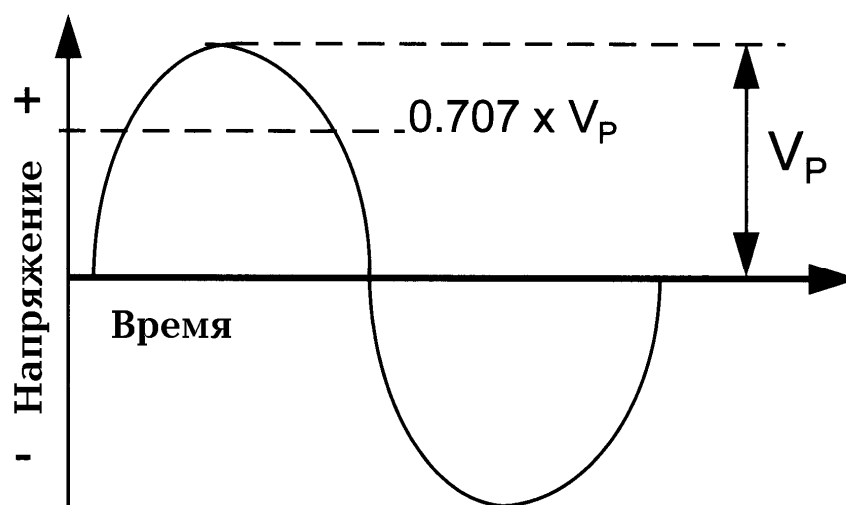


Один период = 360° .

Для синусоидальной кривой эффективное значение называется **СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКИМ** значением.

Для чистой (неискаженной) синусоиды среднеквадратическое значение равно амплитудному значению, деленному на $\sqrt{2}$ или умноженному на 0,707. **ЭТО ОТНОШЕНИЕ ВЕРНО ТОЛЬКО ДЛЯ НЕИСКАЖЕННОЙ СИНУСОИДЫ.**

Например:



$$V_{\text{ДЕЙСТВ.}} = 0,707 \times V_p$$

Стр. 2-26

РЕАКТИВНЫЕ НАГРУЗКИ

В цепях переменного тока:

- ЕСЛИ НАГРУЗКА ЧИСТО АКТИВНАЯ – ТОК И НАПРЯЖЕНИЕ СОВПАДАЮТ ПО ФАЗЕ.
- ЕСЛИ НАГРУЗКА ЧИСТО ИНДУКТИВНАЯ – ТОК ОТСТАЕТ ОТ НАПРЯЖЕНИЯ ПО ФАЗЕ НА 90°.
- ЕСЛИ НАГРУЗКА ЧИСТО ЕМКОСТНАЯ – ТОК ОПЕРЕЖАЕТ НАПРЯЖЕНИЕ НА 90°.

Хороший способ запомнить эти положения:

CIVIL

C - IV
VI - L

Запомните, в C (емкость) I опережает V, в L (индуктивность) V опережает I.

Индуктивности имеют **ИНДУКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ** (сокращенно X_L) протеканию переменного тока. При увеличении частоты индуктивное сопротивление растет.

$$X_L = 2\pi FL$$

где X_L в омах, F в герцах и L в генри.

Емкости имеют **ЕМКОСТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ** (сокращенно X_C) протеканию переменного тока. При увеличении частоты емкостное сопротивление уменьшается.

$$X_C = 1 / 2\pi FC$$

где X_C в омах, F в герцах и C в фарадах.

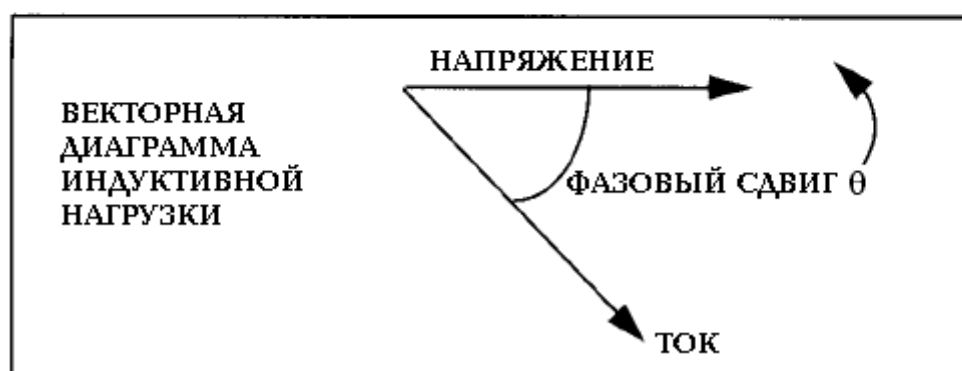
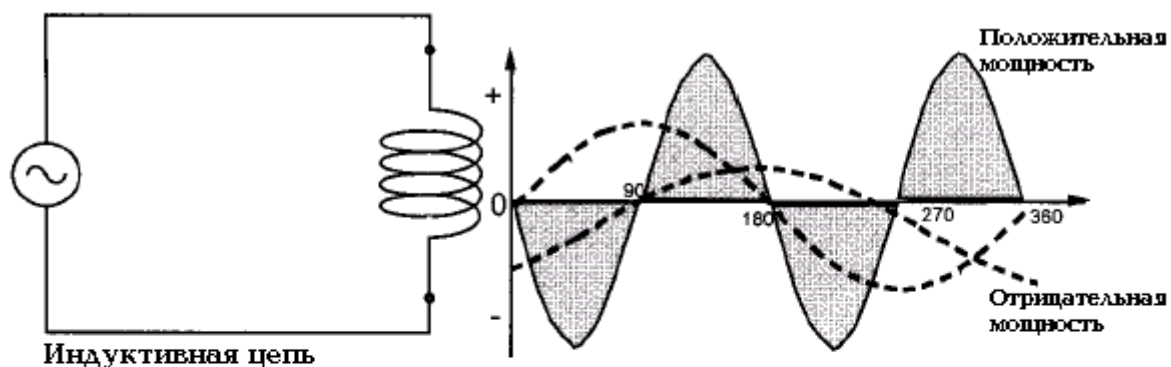
Воздействие **ИНДУКТИВНОГО** или **ЕМКОСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ** на протекание переменного тока называется **ПОЛНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ** или **ИМПЕДАНСОМ** (сокращенно Z).

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L \sim X_C)^2}$$

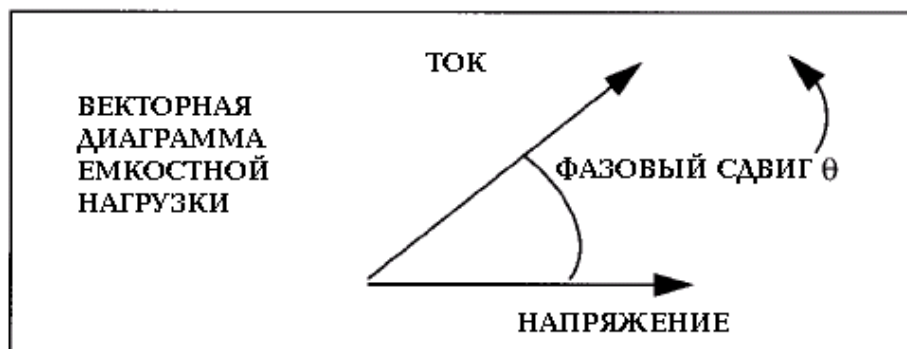
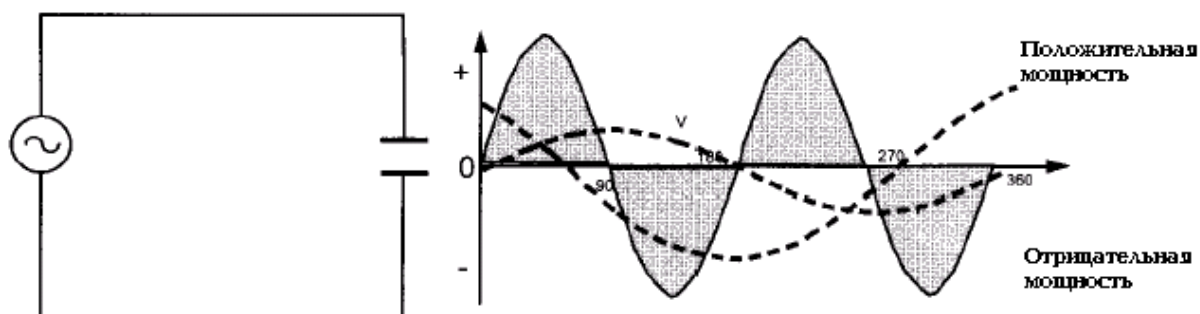
Обратите внимание, что $X_L \sim X_C$ означает разность между X_L и X_C .

Стр. 2-27

ИНДУКТИВНАЯ НАГРУЗКА



ЕМКОСТНАЯ НАГРУЗКА



Принято говорить, что одна синусоида опережает другую, если она достигает своего максимального значения первой.

Стр. 2-28

МОЩНОСТЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

АКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ кВт

Результат действия активных элементов нагрузки.

РЕАКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ кВАр

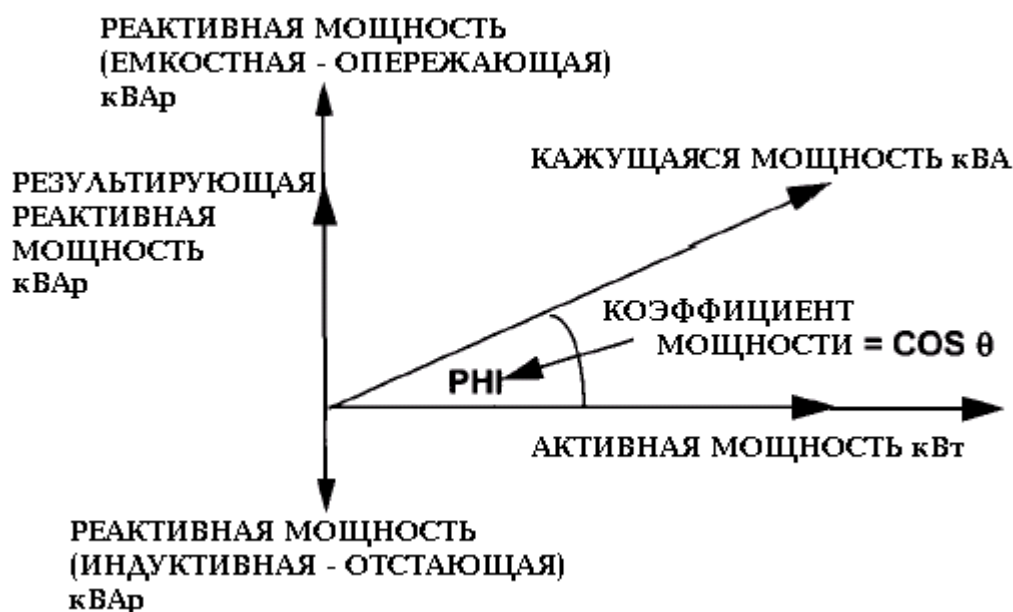
Результат действия индуктивных и емкостных элементов нагрузки.

КАЖУЩАЯСЯ МОЩНОСТЬ кВА

Результирующая мощность после сложения АКТИВНОЙ и РЕАКТИВНОЙ мощности

$$\begin{aligned} \text{КОЭФФИЦИЕНТ} \\ \text{МОЩНОСТИ} &= \frac{\text{АКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ}}{\text{КАЖУЩАЯСЯ МОЩНОСТЬ}} \\ &= \text{кВт} / \text{кВа} \end{aligned}$$

Коэффициент мощности можно рассматривать как меру КПД цепи. Это мера количества тока, используемого в активных элементах нагрузки.



$$\text{3-х ФАЗНАЯ МОЩНОСТЬ} = \sqrt{3} \times V_{\text{лин.}} \times I_{\text{лин}} \times \cos \theta$$

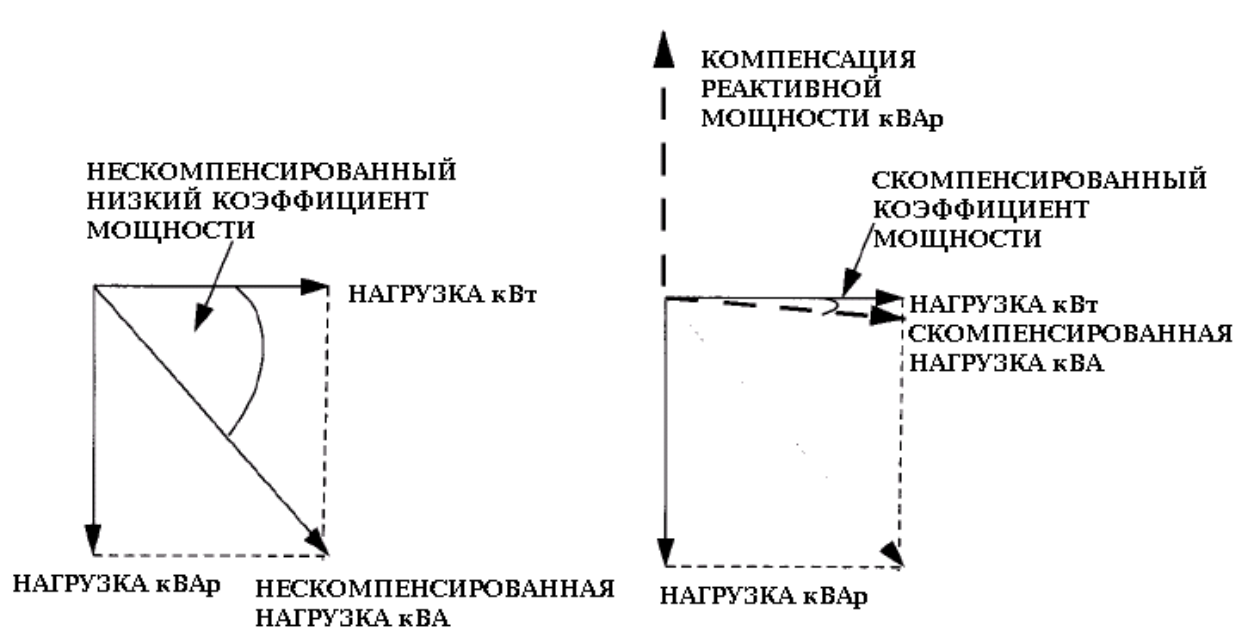
Это выражение истинно для соединений и ТРЕУГОЛЬНИКОМ, и ЗВЕЗДОЙ.

РЕГУЛИРОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Коэффициент мощности некоторых промышленных нагрузок может быть очень низким (0,8 или меньше).

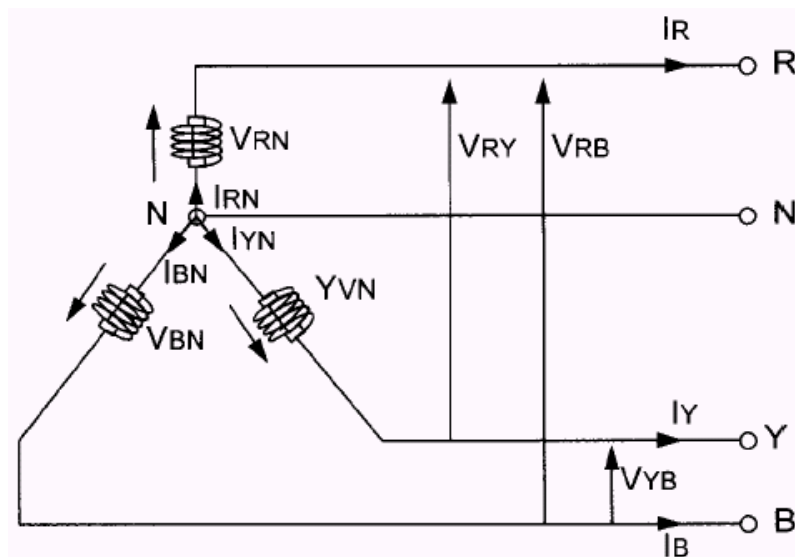
Низкий коэффициент мощности означает, что питающие кабели, трансформаторы и выключатели должны быть большими, чем необходимо для передачи **АКТИВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ МОЩНОСТИ** (в кВт).

Промышленные потребители электроэнергии применяют **РЕГУЛИРОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ** для приведения коэффициента мощности их нагрузок как можно ближе к единице. Коэффициент мощности, равный единице, означает, что весь протекающий ток питает **АКТИВНУЮ** составляющую нагрузки. Дополнительная емкостная нагрузка, которая эффективно компенсирует индуктивную нагрузку, оставляет только активную составляющую нагрузки.



ПОНЯТИЕ О ТРЕХФАЗНОЙ СИСТЕМЕ

СОЕДИНЕНИЕ В ЗВЕЗДУ



ОТНОШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ И ТОКОВ

$$V_{\text{ЛИНЕЙНОЕ}} = \sqrt{3} V_{\text{ФАЗНОЕ}}$$

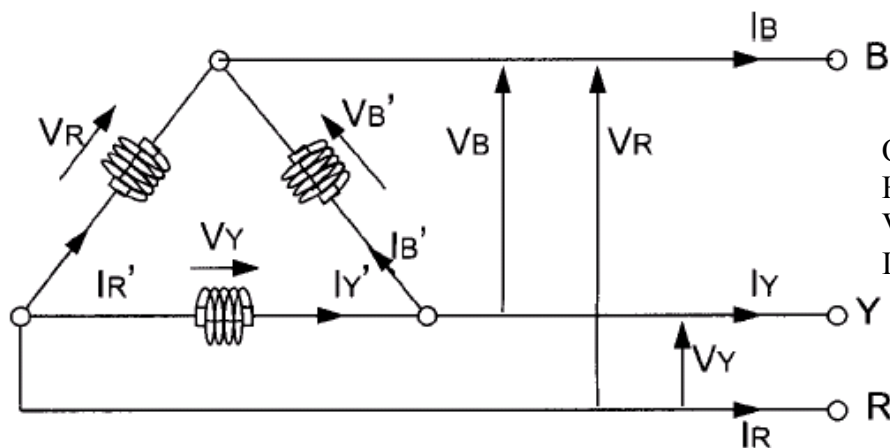
$$I_{\text{ЛИНЕЙНЫЙ}} = I_{\text{ФАЗНЫЙ}}$$

МОЩНОСТЬ В ТРЕХФАЗНОЙ СИСТЕМЕ ПРИ СОЕДИНЕНИИ ЗВЕЗДОЙ

$$P_{\text{ОБЩАЯ}} = V_{RN} \times I_{RN} \cos\theta_1 + V_{YN} \times I_{YN} \cos\theta_2 + V_{BN} \times I_{BN} \cos\theta_3$$

ПРИМЕЧАНИЕ: КОГДА ПРИ СОЕДИНЕНИИ ЗВЕЗДОЙ ТОКИ ВСЕХ ТРЕХ ФАЗ РАВНЫ, ТОК В НЕЙТРАЛИ ОТСУТСТВУЕТ.

СОЕДИНЕНИЕ В ТРЕУГОЛЬНИК



ОТНОШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ И ТОКОВ

$$V_{\text{ЛИНЕЙНОЕ}} = V_{\text{ФАЗНОЕ}}$$

$$I_{\text{ЛИНЕЙНЫЙ}} = \sqrt{3} I_{\text{ФАЗНЫЙ}}$$

МОЩНОСТЬ В ТРЕХФАЗНОЙ СИСТЕМЕ ПРИ СОЕДИНЕНИИ В ТРЕУГОЛЬНИК

$$P_{\text{ОБЩАЯ}} = V_{\text{ФАЗНОЕ}} \times I_R \cos\theta_R + V_{\text{ФАЗНОЕ}} \times I_Y \cos\theta_Y + V_{\text{ФАЗНОЕ}} \times I_B \cos\theta_B$$

ЦЕПЬ	ВЕКТОРНАЯ ДИАГРАММА	ПОЛНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ	КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ
		$Z = R$	1
		$Z = j\omega L = jX_L$	0 (отставание)
		$Z = -j \frac{1}{\omega C} = -jX_C$	0 (опережение)
		$Z = R + jX_L$ $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$	R / Z (отставание)
		$Z = R - jX_C$ $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$	R / Z (опережение)
		$Z = R + jX_L - jX_C$ $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	R / Z отставание, если $X_L > X_C$ опережение, если $X_C > X_L$
		$Z = \frac{1}{1/R - j1/X_L}$ $Z = \frac{1}{\sqrt{1/R^2 + 1/X_L^2}}$	I_{cf}/I_{ab} опережение

СЛОЖЕНИЕ ВЕКТОРОВ		
УСЛОВИЕ	ПРИМЕР	ГРАФИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ
Синфазно		
Сдвиг фаз 180 градусов		
Сдвиг фаз 90 градусов		
Фазы сдвинуты на любой угол		
ВЫЧИТАНИЕ ВЕКТОРОВ		
Фазы сдвинуты на любой угол	<p>Вычесть 15А из 20А; 20А опережает 15А на 30°</p>	<p>Развернуть вектор 15А на 180° и ПРИБАВИТЬ к вектору 20А</p>

ФОРМЫ КРИВЫХ И ГАРМОНИКИ

Гармоники определяются как отклонения от синусоидальной формы кривой, имеющие частоту, которая составляет кратное целое от основной частоты.

ОСНОВНАЯ	50 Гц	60 Гц
2я ГАРМОНИКА	100 Гц	120 Гц
3я ГАРМОНИКА	150 Гц	180 Гц
4я ГАРМОНИКА	200 Гц	240 Гц
5я ГАРМОНИКА	250 Гц	300 Гц
и т.д.	и т.д.	и т.д.

ГАРМОНИКИ, ПРОИЗВОДИМЫЕ ГЕНЕРАТОРОМ

Генераторы переменного тока могут сами создавать гармоники в зависимости от способа выполнения обмотки. Максимальный уровень электрического шума, создаваемый машинами, лимитируется ССИТТ. ССИТТ – Международный Телеграфный и Телефонный Консультативный Комитет. Машинные стандарты определяют допустимые величины так называемого **КОЭФФИЦИЕНТА ТЕЛЕФОННЫХ ПОМЕХ (THF)**.

ГАРМОНИКИ, ПРОИЗВОДИМЫЕ НАГРУЗКОЙ

Гармоники напряжения (и тока) могут появляться в результате взаимодействия напряжения (или тока) генератора и определенных типов нагрузки. Нелинейные нагрузки в особенности вызывают гармоники в форме кривой питающего тока и напряжения. Гармоники напряжения и тока искажают основное напряжение и ток генератора, в результате чего формы кривой становятся отличной от чистой синусоиды, генерируемой ненагруженным генератором.

СУММАРНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ГАРМОНИК

Этот термин используется для обозначения отношения коэффициента гармоник (или суммы амплитуд гармоник) к основной амплитуде для данной формы кривой. Суммарный коэффициент гармоник выражается в процентах. В определенных обстоятельствах, когда какая-нибудь одна гармоника превалирует, эта гармоника дается в виде процента, то есть 10% третья гармоника.

Пределы допустимого суммарного коэффициента гармоник кривой питания часто задаются пользователями чувствительного оборудования.

Типовой суммарный коэффициент гармоник для электрического генератора около 1,5%.

АМПЛИТУДНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ

Это отношение величины амплитуды к среднеквадратической величине формы периодической кривой. Для чистой синусоиды амплитудный коэффициент равен 1,41. Амплитудный коэффициент больший, чем 1,41, преимущественно означает искажение чистой синусоиды четной гармоникой.

ГАРМОНИЧЕСКОЕ ИСКАЖЕНИЕ

Искажающее действие гармоник на чистую синусоиду может иметь причиной действие:

- **НЕЧЕТНЫХ ГАРМОНИК**

Это очень распространенный эффект нелинейных нагрузок, 45% третья гармоника – это обычное явление при таких нагрузках.

- **ЧЕТНЫХ ГАРМОНИК**

- **НЕЧЕТНЫХ И ЧЕТНЫХ ГАРМОНИК**

Любая из трех форм искажений приводит к тому, что измерительные приборы, использующие средние значения, показывают неправильные результаты. Нечетные гармоники более распространены в нагрузках электрогенераторных установок.

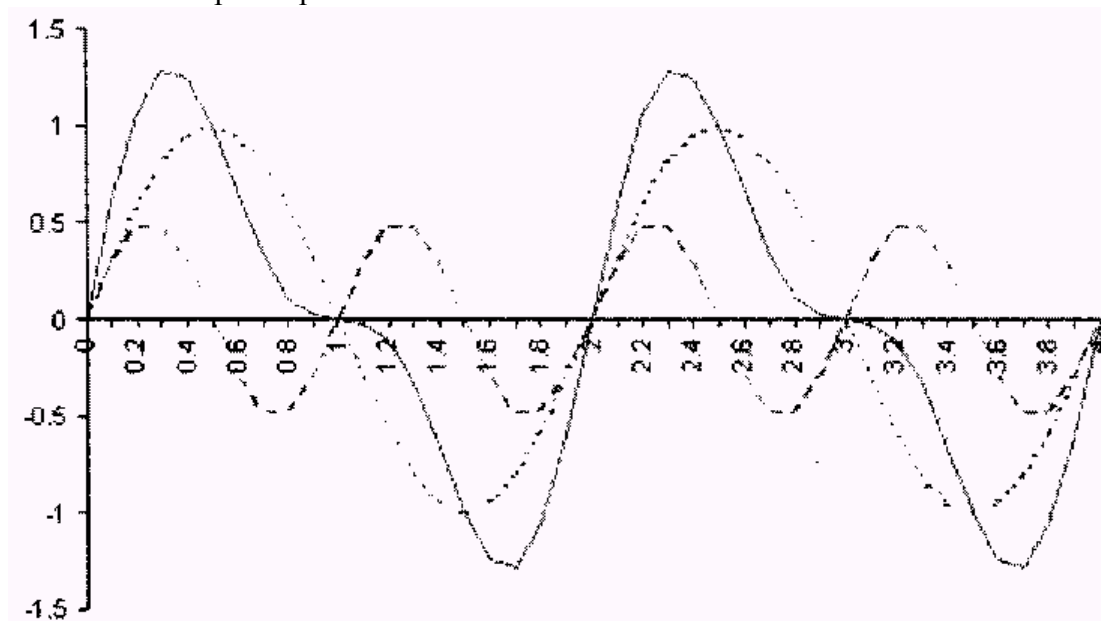
ТОК В НЕЙТРАЛИ

Все нечетные гармоники складываются в в нейтрали при соединении звездой. Так, для системы с генератором, соединенным звездой, питающим нелинейную нагрузку, ток в нейтрали должен содержать основную и все нечетные гармоники, приблизительно 135% основного тока.

При выборе проводника нейтрали при соединении звездой всегда рассчитывают, что ток в нейтрали будет вызван нагрузкой, которая производит гармоники.

ИСКАЖЕНИЕ ВТОРОЙ ГАРМОНИКОЙ

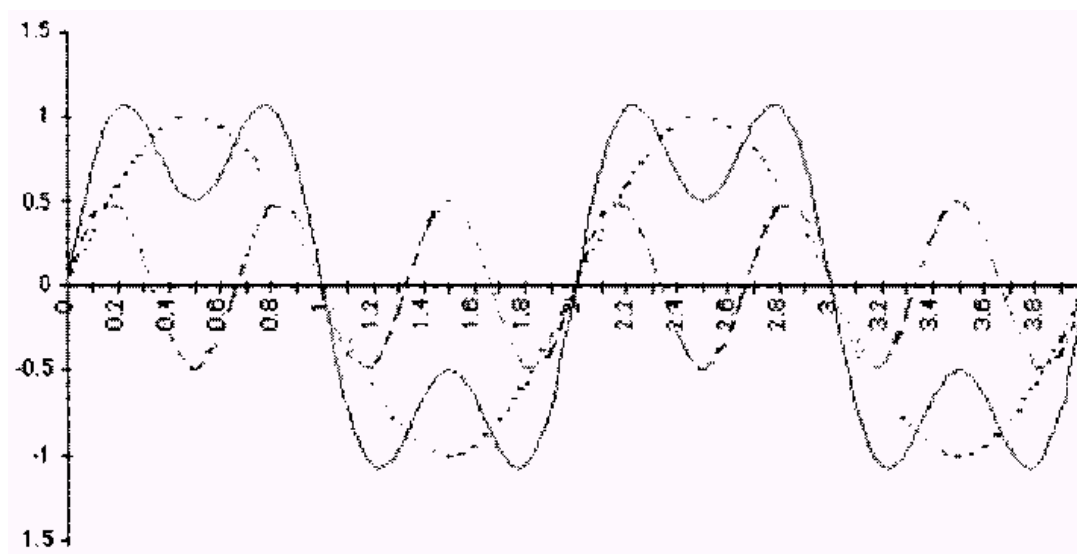
На рисунке показаны основная гармоника, вторая гармоника и результирующая от основной и второй гармоник.



Обратите внимание, что четные гармоники «заостряют» пики основной синусоиды и увеличивают амплитудный коэффициент. Это очень необычно для генераторных установок.

ИСКАЖЕНИЕ ТРЕТЬЕЙ ГАРМОНИКОЙ

На рисунке показана основная гармоника, третья гармоника и результирующая от основной и третьей гармоник.



Обратите внимание, что нечетные гармоники делают пики основной синусоиды «плоскими» и уменьшают амплитудный коэффициент.

БАТАРЕИ

Батареи можно классифицировать по применению и типу.

ПРИМЕНЕНИЕ

- Глубокого разряда.
Для пуска двигателей для применения в системах бесперебойного питания.
- Среднего разряда.
Для аварийного освещения и для телеметрии.
- Слабого разряда.
Для пожарной сигнализации и других слаботочных приборов.

ТИП

- Свинцово-кислотные
Свинцово-сурьмяной или свинцово-кальциевый сплав используется для электродов и серная кислота в качестве электролита. В свинцово-кислотных батареях электролит участвует в химической реакции, которая создает электрический потенциал элемента. Поддержание оптимальной плотности и температуры электролита жизненно важно для работы батареи.
Свинцово-кислотные батареи, в свою очередь подразделяются на вентилируемые и герметичные в зависимости от электролита.
 - Вентилируемые свинцово-кислотные батареи
Эти батареи требуют периодической доливки дистиллированной воды для нормальной работы. Вентилируемые элементы типа Планте при надлежащем уходе могут работать 20 лет и более.
 - Герметичные свинцово-кислотные батареи
Эти батареи или снабжены дополнительной электролитической ванной, или требуют периодического доливания воды. Электролит смешан с тиксотропным гелем, который имеет свойства рекомбинации газов. Эти батареи не требуют большого обслуживания, но вряд ли могут служить так же долго, как батареи вентилируемого типа. Герметичные батареи имеют выпускное устройство для предотвращения взрыва в случае неправильного обращения.
- Никель-кадмиевые (NiCad)
Положительные пластины никель-кадмиевых батарей изготавливаются из гидроксида никеля, отрицательные пластины – из гидроксида кадмия. Электролит не участвует в химической реакции, а только переносит заряд.

Из многих существующих типов батарей, в генераторных установках в основном используются свинцово-кислотные и никель-кадмиевые батареи.

Батареи, служащие для запуска генераторных агрегатов, печально известны небрежным обращением с ними. Батареи – одна из наиболее распространенных причин отказов генераторных установок. Большое внимание должно быть уделено правильному уходу и обслуживанию батарей генераторной установки. Батареи в генераторных установках служат для запуска агрегата и для управления, небрежное обращение с теми и другими может привести к аварии всей силовой установки.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЗАПУСКУ

ФОС (Комитет Пожарников) рекомендует иметь две отдельные батареи для генераторов, стоящих в горячем резерве, каждая из которых способна обеспечить по шесть последовательных попыток пуска продолжительностью 15 секунд при 4°C.

NFPA (Национальная Противопожарная Ассоциация) рекомендует иметь две отдельные батареи для генераторов, стоящих в горячем резерве, каждая из которых способна обеспечить по двенадцать последовательных попыток пуска продолжительностью 15 секунд при 4,5°C.

Необходимо всегда консультироваться с местным законодательством по требованиям, предъявляемым к запуску резервных генераторов.

ЗАРЯД БАТАРЕЙ

Для нормальной работы аккумуляторных нельзя допускать, чтобы степень заряженности батарей была меньше 10%.

Заряд батарей на генераторных установках производится с помощью приводимых ремнем приводом зарядных генераторов и статических или питаемых от сети зарядных устройств. Сетевые зарядные устройства могут иметь стабилизацию или по напряжению, или по току. Надо избегать дешевых зарядных устройств со стабилизацией по току, так как простые схемы токовой стабилизации могут привести к перезаряду и «закипанию» стартерных батарей. Признаки кипения – чрезмерное напряжение на выводах батареи и снижение уровня электролита. Предпочтительный метод заряда – заряд со стабилизацией по напряжению. При этом заряд элемента контролируется величиной зарядного тока, так, что когда элемент достигает заряженного состояния, схема зарядного устройства прекращает подачу зарядного тока в батарею.

	Вентилируемые свинцово-кислотные	Герметичные свинцово-кислотные	Никель- кадмиевые
Поддержание заряда на уровне	75%	75%	50%
Буферный подзаряд при	2,25 – 2,3 В/элемент	2,25 – 2,27 В/элемент	1,35 – 1,5 В/элемент
Подзаряд при	2,75 В/элемент	Не рекомендуется	1,6 В/элемент
Величина тока заряда	7% от емкости	10% от емкости	
Количество элементов для 12 В	6	6	10
Количество элементов для 24 В	12	12	19

Батареи должны быть физически изолированы от электрических систем, в которых могут возникнуть искры. Искры могут воспламенить газы, выделяющиеся при заряде батарей.

ЭФФЕКТ ПАМЯТИ

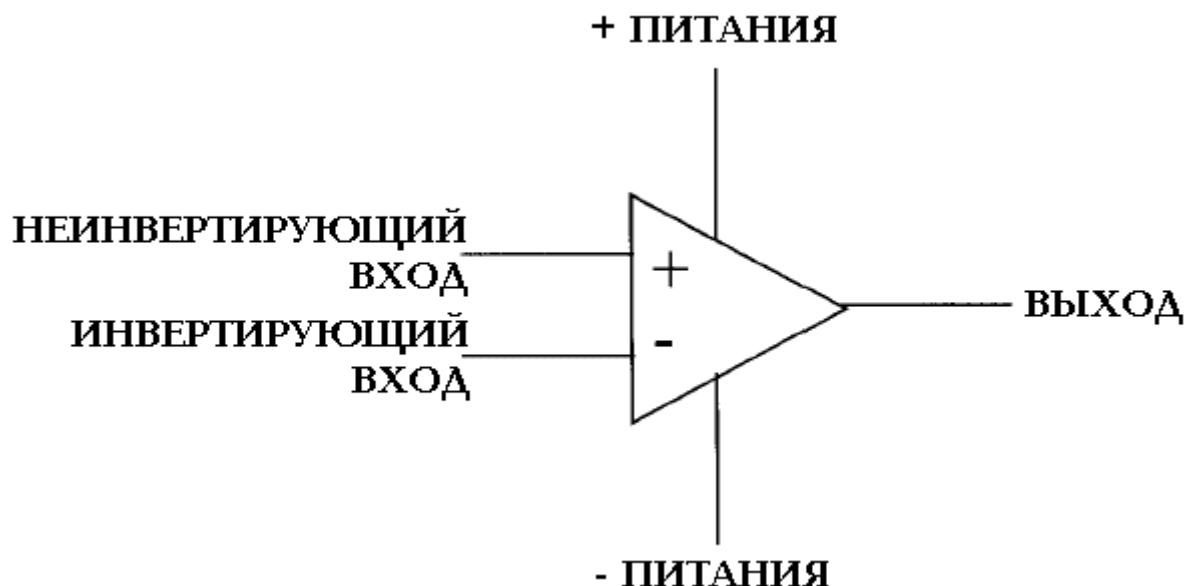
Никель-кадмиевые батареи демонстрируют нежелательный эффект, когда батарею невозможно зарядить до полной емкости, если прежде не разрядить ее полностью.

Другими словами, чтобы полностью зарядить никель-кадмиевые батареи, нужно их сперва полностью разрядить.

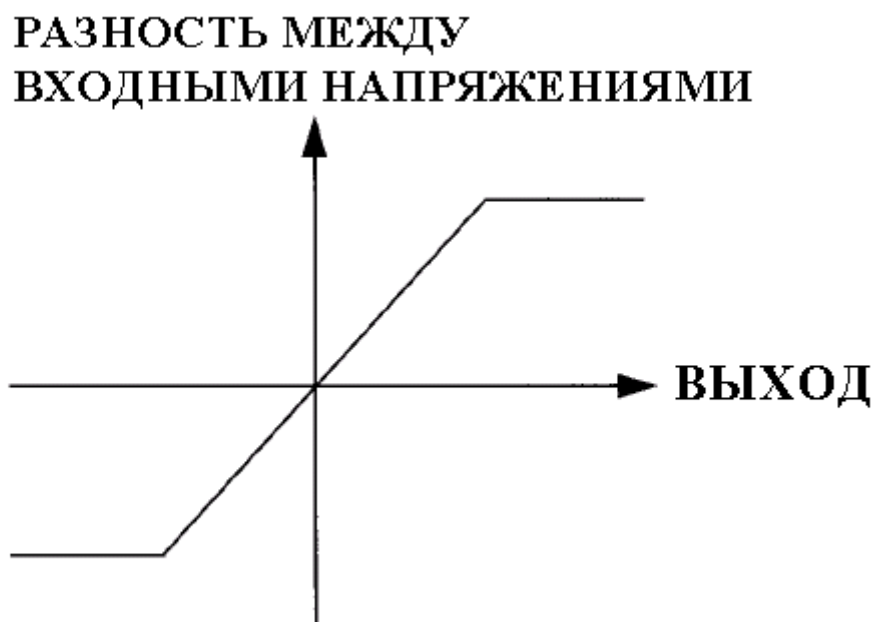
Стр. 2-38

ОПЕРАЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

Это электронный прибор, являющийся интегральной микросхемой, включающей в себя множество транзисторов. Это наиболее широко используемая составная часть многих аналоговых электронных схем. Его обозначение:



Обычно для простоты цепи питания на схемах опускают. Операционный усилитель – это управляемый напряжением источник с двумя входами, выходное напряжение которого пропорционально разности между двумя входными напряжениями.



Стр. 2-39

ЕВРОПЕЙСКОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО

Для соответствия Европейскому законодательству оборудование, продаваемое в ЕС, должно иметь маркировку CE.

Маркировка CE – это технический «паспорт», который означает, что продукт соответствует всем соответствующим Директивам, которые требуют маркировки CE.

Директива является частью обязательного к исполнению Европейского законодательства, исполнение которого обеспечивается постановлениями и законами во всех странах-членах. Каждая страна должна перевести Директиву и заменить ей свои собственные законы, которые соответствуют этой Директиве.

Ее целью является обеспечение свободного движения безопасных и отвечающих своему назначению товаров, как внутри Европейского Союза, так и поступающих извне.

Маркировка CE НЕ является знаком качества и НЕ означает, что были выполнены какое-либо тестирование или сертификация.

Директивы, применяемые к генераторным агрегатам:

МАШИНЫ 89/392/ЕЕС

НИЗКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ 73/23/ЕЕС

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ (ЭМС) 89/336/ЕЕС

ДИРЕКТИВА «МАШИНЫ»

В соответствии с этой директивой, поставщики в Европе должны решить, поставляют ли они **МАШИНЫ**, на которые распространяются ее правила, или **КОМПОНЕНТЫ** в составе машины.

В соответствии с Директивой «Машины» поставщик машин должен поставить на машину марку СЕ и приложить **ДЕКЛАРАЦИЮ О СООТВЕТСТВИИ**.

Поставщик **КОМПОНЕНТА**, части машины, которая предназначена для включения в другую машину, либо смонтирована на другой машине для образования **МАШИНЫ**, на которую распространяются правила, должен выписать **ДЕКЛАРАЦИЮ ВКЛЮЧЕНИЯ**. Если выписана декларация включения компонент может не иметь маркировки СЕ.

ДЕКЛАРАЦИЯ О СООТВЕТСТВИИ должна включать следующее:

- Название и адрес компании.
- Описание машины, включающее ее тип и серийный номер.
- Все правила, требованиям которых отвечает машина, включая, если требуется, подтверждение соответствия особым требованиям безопасности с экземпляром, который подвергался проверке по методике ЕС.
- Данные по всем одобренным используемым веществам и номер сертификата об испытаниях по методике ЕС.
- Если требуется, данные одобренных веществ, содержащие техническое описание.
- Список использованных гармонизированных стандартов, или других использованных стандартов и спецификаций.
- Расшифровка подписи уполномоченного лица.

ДЕКЛАРАЦИЯ ВКЛЮЧЕНИЯ должна содержать:

- Данные о компании.
- Описание машины.
- Если требуется, данные одобренных веществ и номер сертификата ЕС.
- Если требуется, данные одобренного вещества, к которому было послано техническое описание.
- Если требуется, список используемых замененных гармонизированных стандартов.
- Предостережение о том, что машина, частью которой является данный компонент, будет обслуживаться, только если она имеет сертификат о соответствии.
- Расшифровка подписи уполномоченного лица.

ДИРЕКТИВА «НИЗКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ» (L.V.D.)

Директива «Низкое напряжение» относится ко всему электрическому и электронному оборудованию, имеющему рабочее напряжение 50 – 1000 В переменного тока или 75 – 15000 В постоянного тока.

Производитель отвечает за обеспечение соответствия оборудования требованиям правил. Это достигается составлением **ДЕКЛАРАЦИИ О СООТВЕТСТВИИ** и установкой маркировки CE на изделие или упаковку.

Для поставщика компонентов в Директиве «Низкое напряжение» нет эквивалента **ДЕКЛАРАЦИИ ВКЛЮЧЕНИЯ** и нет требования маркировки CE к продукции декларации о соответствии.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ (ЭМС)

Электромагнитная интерференция - это характеристика, которую имеет каждая часть электрического и электронного аппарата (а фактически все, что предназначено для проводимости и распространения электромагнитных полей – большинство металлических объектов).

Для того, чтобы продавать продукцию в ЕС необходимо, чтобы выполнялись требования европейской директивы по ЭМС (89/336/ЕЕС).

В соответствии с европейским законодательством, лицо, вводящее часть агрегата в работу, отвечает за соответствие оборудования местному законодательству по ЭМС.

На практике это относится к определенным ответственным частям генераторного агрегата:

- **СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**
- **ЗАЩИТНЫЕ РЕЛЕ**
- **РЕГУЛЯТОРЫ ОБОРОТОВ**
- **СИСТЕМЫ АРН (АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ)**
- **ДАТЧИКИ**
- **УСТРОЙСТВА ЗАРЯДА БАТАРЕЙ**
- **СИСТЕМЫ ИСКРОВОГО ЗАЖИГАНИЯ, ЕСЛИ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ**

Европейское законодательство предписывает, что все электрическое и электронное оборудование должно быть сконструировано таким образом, чтобы:

- Уровень электромагнитных помех, производимых им, не должен превышать уровня, допустимого для нормальной работы радио и телекоммуникационного оборудования и других агрегатов.
- Агрегат должен иметь соответствующий уровень внутренней помехоустойчивости, чтобы быть способным нормально работать.

Не существует специальных стандартов для генераторных установок. Общие стандарты предписывают приемлемые рабочие уровни для:

- **КОНДУКТИВНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ**
- **ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К РАДИОИЗЛУЧЕНИЮ**
- **НЕВОСПРИИМЧИВОСТИ К РАДИОИЗЛУЧЕНИЮ**
- **КОНДУКТИВНОЙ НЕВОСПРИИМЧИВОСТИ**

Общие стандарты, которые могут в общем случае быть применены к генераторным установкам:

BSEN 50081-2 Общие нормы выброса для ЭМС производственной среды.

BS EN 50082-2 Общие нормы невосприимчивости для ЭМС производственной среды.

Есть только несколько общепризнанных способов соответствовать европейской директиве по ЭМС. На практике ключевым является документ, демонстрирующий соответствие изделия общим стандартам по ЭМС. Рекомендуемый план для соответствия по ЭМС должен содержать следующее:

- Политику поставщика по ЭМС
- Лицо, отвечающее в компании за выполнение политики по ЭМС и различных аспектов плана по ЭМС
- Охватываемые планом изделия
- Как будет проведена сертификация
- Стандарты на каждое изделие
- Списки всех отделов и ссылка на процедуры компании
- Какой контроль потребуется в отношении субподрядчиков.
- Какие испытания могут потребоваться и где они будут проводиться
- Для номенклатуры продукции обоснование выбора тех изделий, которые будут испытываться
- Количество времени на каждую операцию

При сертификации генераторных установок нужно следовать одному из двух общепринятых путей:

- **САМОСЕРТИФИКАЦИЯ**

Здесь лицо, вводящее генераторную установку в работу, выдает декларацию о соответствии, основанную на испытаниях, проведенных им, и на техническом обосновании, которое детализирует, как генераторная установка будет соответствовать требованиям законодательства (для этого может использоваться Технический Файл).

ИЛИ

- **СОЗДАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ФАЙЛА**

Здесь доказательства соответствия вместе с техническим обоснованием, которое детализирует, как генераторная установка соответствует требованиям законодательства, предъявляются на уполномоченную испытательную станцию для оценки и дальнейших испытаний.

Разработки для соответствия по ЭМС не являются всеобщей практикой, многие приборы и без этого работают в допустимых пределах. Только при соединении вместе в одну систему их совместная работа может произвести помехи, которые превысят допустимые пределы по ЭМС. Несмотря на это, единственный рекомендованный способ соответствовать общим стандартам (отличный от испытания системы целиком) – это использовать компоненты, соответствующие общим стандартам.



Стр. 2-44

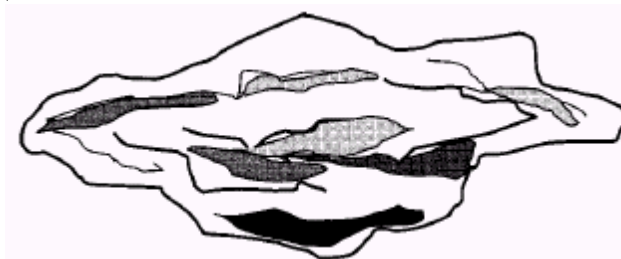
Соединения экранированным проводом и заземление должно быть выполнено как положено и в соответствии с инструкциями изготовителей во избежание привнесения в электрическую систему случайных передатчиков или приемников.

ЭМС – очень сложный вопрос и с точки зрения конструирования, и с точки зрения законодательства. Обратитесь в уполномоченные органы местных властей для получения подробной информации о местном законодательстве об ЭМС.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ МАГНИТЫ

В древние времена было обнаружено, что определенный камень (магнетит Fe_3O_4), который первоначально находили возле древнего города Магнезия в Малой Азии, обладает свойством притягивать мелкие предметы из железа. Греки называли этот камень магнетит – в дальнейшем магнит.

Перед этим древние китайцы около 2000 лет назад заметили, что когда подобные камни свободно подвешены, или плавают на легком предмете в сосуде с водой, то стремятся занять точное положение по отношению к югу – северу. Вероятно, китайские мореплаватели использовали куски магнетита, плавающие на кусках дерева в наполненных водой сосудах, в качестве примитивных компасов. В это время было не известно, что земля сама действует как магнит, а способность естественных магнитов поворачиваться в направлении севера вызвана магнетизмом земли. К этим камням относились с определенным благоговейным трепетом. Из-за того, что кусочки вещества использовались как компасы, их называли по-английски LOADSTONES (или Lodestones), что означает – путеводный камень.



Естественный магнит – магнетит (“Lodestone”).

Железо становится магнитом более легко, чем другие материалы, но также оно теряет свой магнетизм более легко, поэтому магниты из мягкого железа называются **временными магнитами**. Промышленные магниты, или **постоянные магниты**, изготавливаются из специальных сталей или сплавов – например, альнико, который делают в основном из алюминия, никеля и кобальта. Название получилось из первых двух букв названий каждого из основных элементов, входящих в его состав.



Искусственный магнит

Как уже говорилось выше, искусственные магниты можно разделить на «**постоянные**» и «**временные**», в зависимости от их способности сохранять напряженность магнитного поля после прекращения действия намагничивающей силы. Закаленная сталь и некоторые сплавы относительно трудно намагничиваются, и говорится, что они имеют **малую проницаемость**, так как силовые линии магнитного поля не проходят или распространяются свободно сквозь сталь (Проницаемость – это мера относительной способности материала проводить силовые линии магнитного поля в сравнении с воздухом). Таким образом, магниты, которые, будучи однажды намагниченными, сохраняют большую часть напряженности магнитного поля – «**постоянные**» магниты.

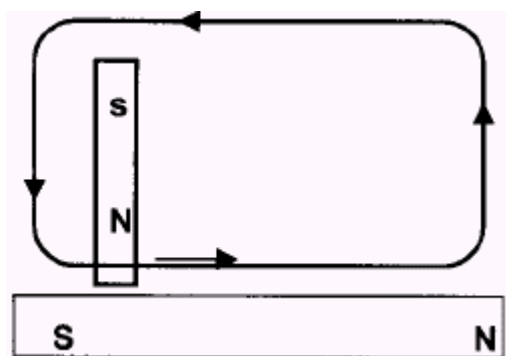
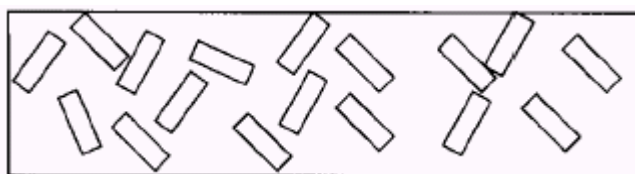
Постоянные магниты широко используются в электрических измерительных приборах, телефонных трубках, возбуждателях генераторов переменного тока, громкоговорителях и магнето. Напротив, материалы, которые относительно легко намагнитить – такие, как мягкое железо и отожженная кремнистая сталь – называются материалами с **высокой проницаемостью**. Такие материалы оставляют только малую долю намагниченности, после того, как прекращается действие намагничивающей силы – следовательно, такие магниты называются **«временными»**. Кремнистая сталь и подобные материалы используются в трансформаторах, где намагниченность все время изменяется, и в генераторах и двигателях, где напряженность полей может быстро изменяться. Намагниченность, остающаяся во временном магните после прекращения действия намагничивающей силы, называется **остаточным магнетизмом**. Тот факт, что во временных магнитах остается даже малое количество намагниченности, является важным фактором увеличения напряжения в самовозбуждающихся генераторах постоянного тока/возбудителях.

Стр. 2-47

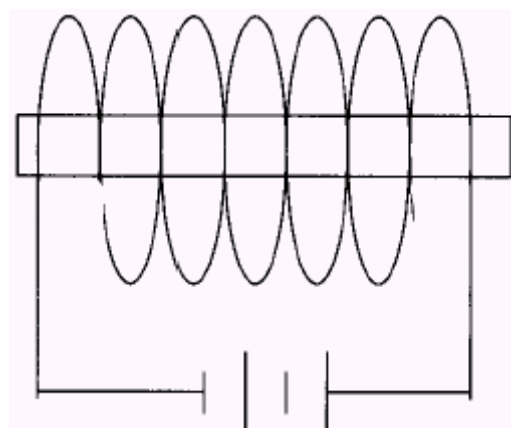
Намагнитив один из этих стальных брусков, мы сориентируем их молекулы в одном направлении, одним концом на север, другим на юг. Перед намагничиванием молекулы ориентируются в бруске хаотично. Это можно уподобить покупке коробки гвоздей: когда вы получаете ее от продавца, гвозди лежат в ней хаотично, без какого-либо порядка и направления. Что вы пытаетесь достигнуть с помощью магнита – это расположить все магниты в одном направлении, подобно тому, как если бы разложить все гвозди в коробке шляпками в одну сторону и остриями в другую, т.е. чтобы все гвозди указывали в одну сторону.

Этого можно достичь, проводя другой магнит вдоль всего стального бруска в одном направлении, чтобы все молекулы развернулись в одном направлении. Или если намотать вокруг стального бруска электрическую катушку и пропустить по ней постоянный ток, который даст такой же эффект, расположив все молекулы в одном направлении.

Перед намагничиванием – хаотическое расположение молекул.



Проводим магнитным бруском
вдоль стального бруска.



Напряжение батареи приложено к катушке,
намотанной на стальной брусок.

Когда брусок намагничен, каждая молекула ориентируется вдоль линий север-юг.

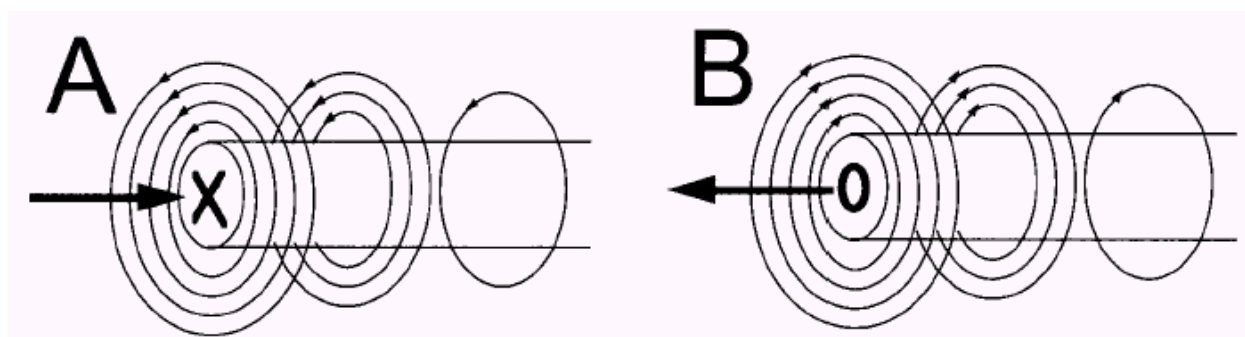


МАГНЕТИЗМ

Генераторы являются первичными источниками энергии переменного тока. Генераторы преобразуют механическую энергию вращения в электричество при помощи магнетизма. Магнетизм индуцируется током, протекающим по проводнику.

МАГНЕТИЗМ И ПРОТЕКАНИЕ ТОКА

Когда ток течет по проводнику, магнитное поле возникает вокруг проводника. Это магнитное поле формирует серию концентрических кругов вокруг проводника. Направление магнитного поля зависит от направления протекания тока по проводнику. Если ток втекает в провод (обозначается X), магнитное поле направлено против часовой стрелки. Если ток вытекает из провода (обозначается «о»), магнитное поле направлено по часовой стрелке.



ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ

Для увеличения магнитного поля из проводника может быть сформирована серия витков. Такой проводник называется катушкой. Катушка на схемах обозначается так:

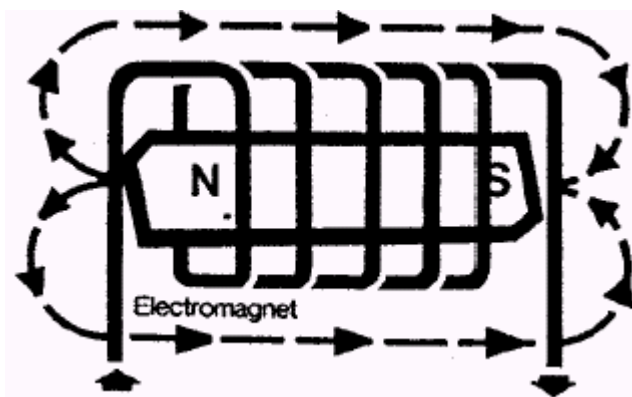


Когда постоянное напряжение приложено к концам катушки, отдельные магнитные поля, окружающие проводник, помогают друг другу, и суммарное поле таким образом увеличивается.. Линии магнитного потока направлены с севера на юг снаружи катушки, и с юга на север внутри катушки. Направление линий магнитного потока зависит от направления протекания тока через катушку.



Катушка усиливает магнитное поле

Линии магнитного потока можно сконцентрировать на полюсах, если поместить в середину катушки брусок из мягкого железа. Катушка с железным сердечником называется **ЭЛЕКТРОМАГНИТОМ**. Главное преимущество электромагнита перед постоянным магнитом это то, что электромагнит может быть включен или выключен, и напряженность магнитного поля можно изменять увеличением и уменьшением тока в катушке.



Электромагнит

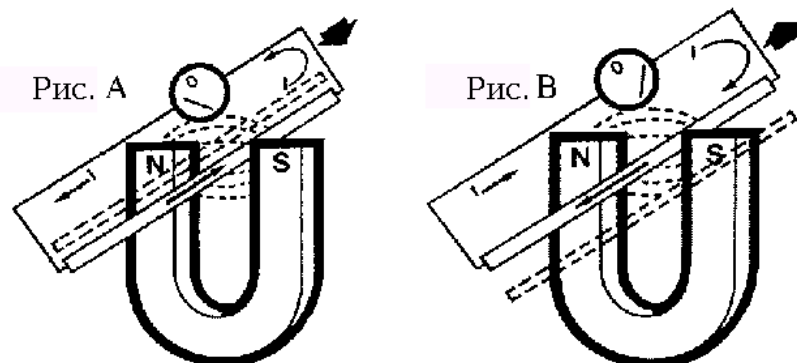
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Магнитное поле может быть использовано для получения напряжения на проводнике. Процесс «индуцирования» напряжения в проводнике называется **ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИЕЙ**.

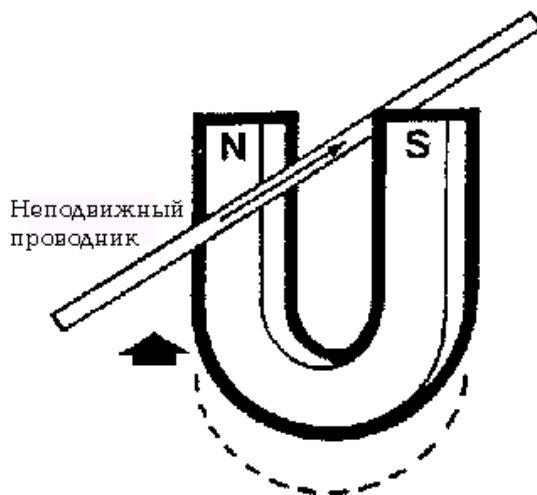
Существуют три необходимых условия для индуцирования напряжения в проводнике:

1. **ПРОВОДНИК**
2. **МАГНИТНОЕ ПОЛЕ**
3. **ДВИЖЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ПРОВОДНИКА.**

Если проводник помещен в магнитное поле подковообразного магнита и движется вниз, «перерезая» линии магнитного потока, на концах проводника индуцируется разность потенциалов (напряжение). Причина возникновения этой разности потенциалов в том, что когда проводник пересекает линии магнитного поля, электроны в проводнике двигаются в одну сторону. Один конец проводника таким образом получает избыток электронов (отрицательный потенциал), тогда как другой конец испытывает их недостаток (положительный потенциал). Если последовательно с проводником включить амперметр, ток потечет от отрицательного конца проводника к положительному. Если двигать проводник вверх в магнитном поле, напряжение будет снова индуцироваться в проводнике, но обратной полярности.

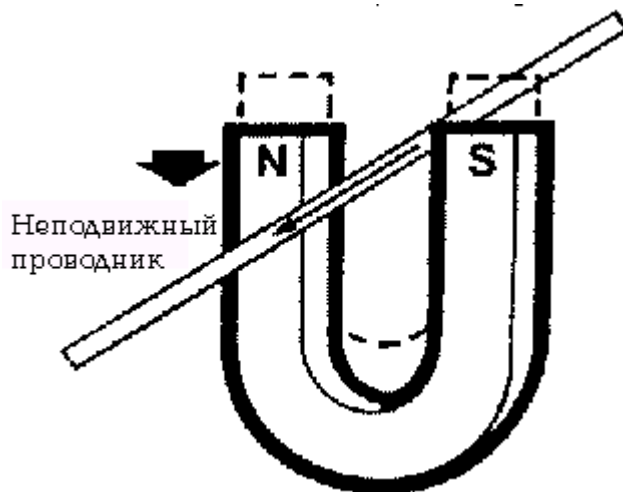


Для индуцирования напряжения в **НЕПОДВИЖНОМ ПРОВОДНИКЕ** можно двигать магнитное поле.

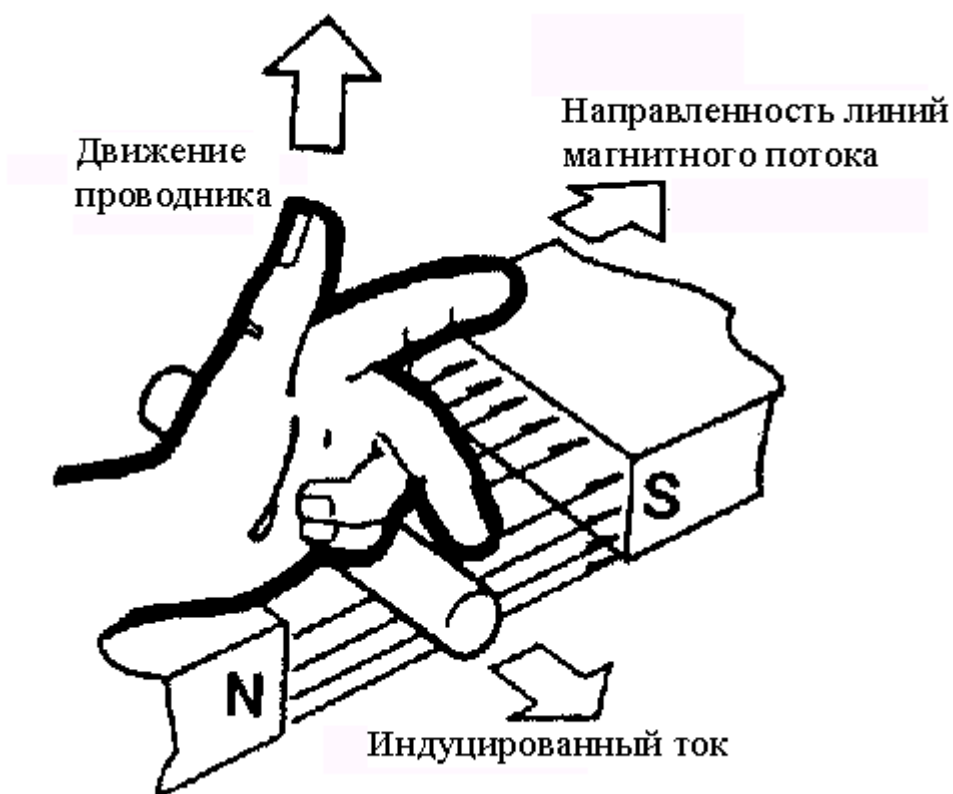


Стр. 2-51

Если проводник неподвижен, а подковообразный магнит движется вверх, линии магнитного потока пересекаются, что вызывает появление в проводнике напряжения. Когда магнит движется вниз, в проводнике индуцируется напряжение обратной полярности.



Направление тока, протекающего в проводнике зависит от направления движения проводника в магнитном поле и от направленности линий магнитного потока. Для генераторов направление тока может быть определено с помощью правила левой руки.



ВЕЛИЧИНА ИНДУЦИРОВАННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

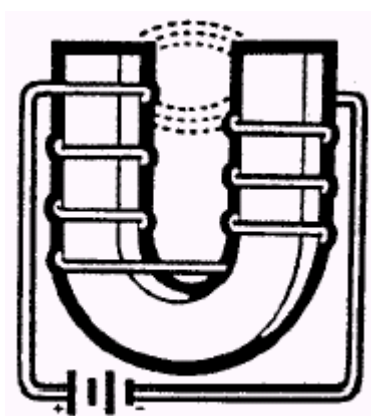
Величина напряжения, индуцированного в проводнике, зависит от четырех факторов:

1. **НАПРЯЖЕННОСТЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ.**
2. **КОЛИЧЕСТВО ВИТКОВ ПРОВОДНИКА.**
3. **СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ПРОВОДНИКА ОТНОСИТЕЛЬНО МАГНИТНОГО ПОЛЯ.**
4. **УГОЛ, ПОД КОТОРЫМ ПРОВОДНИК ПЕРЕСЕКАЕТ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ.**

Наиболее практичный метод усиления напряженности магнитного поля – использование электромагнита. Напряженность магнитного поля может быть увеличена увеличением тока в катушке. Пересечение проводником этого усиленного поля будет индуцировать больше напряжения в проводнике.

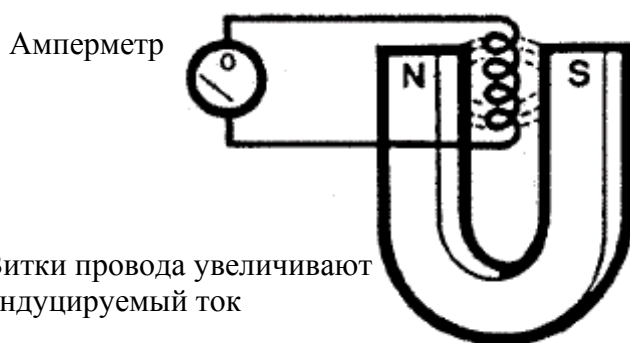
Если проводнику придать форму последовательности витков, в нем будет индуцироваться больше напряжения. Причина этого в том, что напряжения, индуцируемые в каждом витке, складываются друг с другом, и больше витков пересекает больше магнитных линий в единицу времени.

Рисунок А



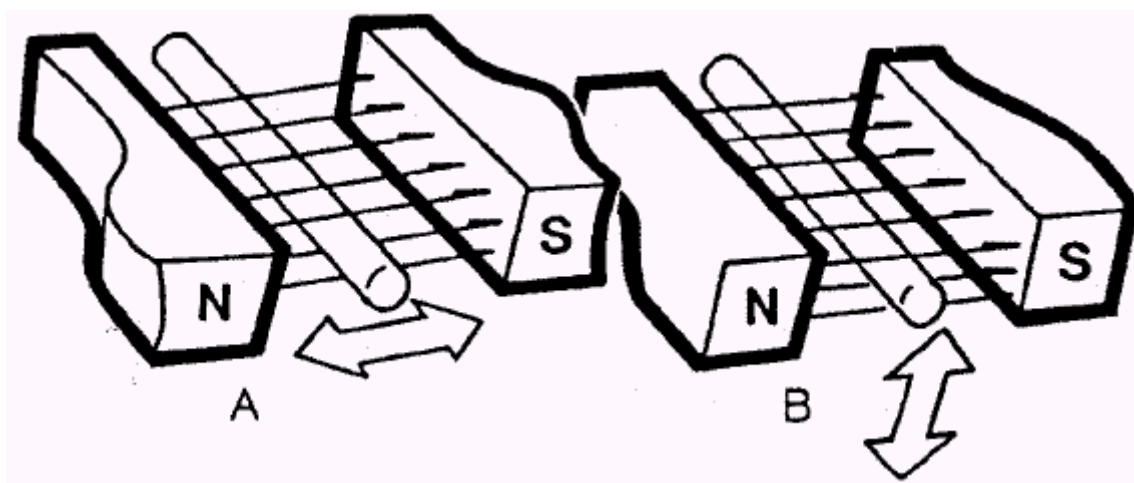
Большее напряжение усиливает магнитный поток

Рисунок В



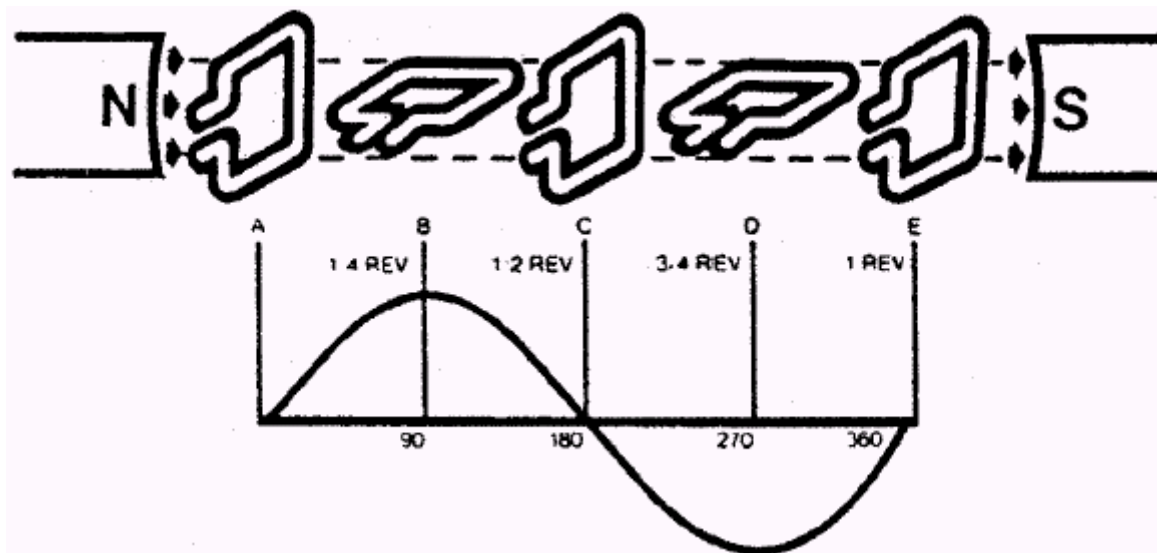
Увеличение скорости, с которой пересекаются линии магнитного поля, увеличивает напряжение, индуцируемое в проводнике. Этого можно достичь, двигая проводник быстрее в стационарном магнитном поле, или двигая магнитное поле быстрее относительно неподвижного проводника.

Если проводник движется параллельно линиям магнитного потока, магнитные линии не пересекаются, и напряжение в проводнике не индуцируется. Если проводник движется под прямым углом (перпендикулярно) к линиям магнитного потока, максимальное количество линий будет пересечено, и индуцируется максимальное напряжение. Если проводник движется под любым другим углом, отличным от прямого, в проводнике будет индуцировано меньшее напряжение.



ГЕНЕРАЦИЯ СИНУСОИДЫ С ПОМОЩЬЮ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ – ГЕНЕРАТОР

Синусоида генерируется при вращении проволочной рамки в магнитном поле.



В точке «А» стороны рамки движутся параллельно линиям магнитного потока. Линии магнитного потока не пересекаются рамкой, и напряжение в рамке не индуцируется. Когда рамка поворачивается, ее стороны становятся под прямым углом к линиям потока. В этой точке индуцируется максимальное напряжение, так как пересекается наибольшее количество линий магнитного потока. При дальнейшем повороте рамки (С), проводник снова движется параллельно линиям магнитного потока, и напряжение не индуцируется. При продолжении вращения происходит то же самое, за исключением того, что полярность напряжения меняется на противоположную.

ВВЕДЕНИЕ В ГЕНЕРАТОРЫ

ГЕНЕРАТОР – это машина, которая преобразует механическую энергию вращения в электрическую энергию при помощи электромагнитной индукции. Генераторы используют два метода индуцирования напряжения в проводнике. Один метод называется методом **ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ЯКОРЯ**, другой – метод **ВРАЩАЮЩЕГОСЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ**. При использовании метода вращающегося якоря, рамочный проводник, который называется якорь, вращается в **СТАЦИОНАРНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ**.



При использовании метода вращающегося поля, вращается магнитное поле, которое индуцирует напряжение в неподвижном проводнике. Малые генераторы используют метод вращающегося якоря, в то время как большие генераторы используют метод вращающегося поля.

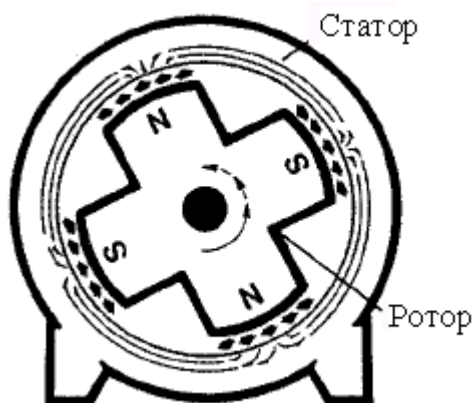


УСТРОЙСТВО ПРОСТЕЙШЕГО ГЕНЕРАТОРА

Условиям, необходимым для электромагнитной индукции, соответствуют специализированные компоненты генератора. Простейший генератор включает два основных компонента:

1. **ВРАЩАЮЩАЯСЯ СБОРКА (РОТОР)**
2. **СТАЦИОНАРНАЯ СБОРКА (СТАТОР)**

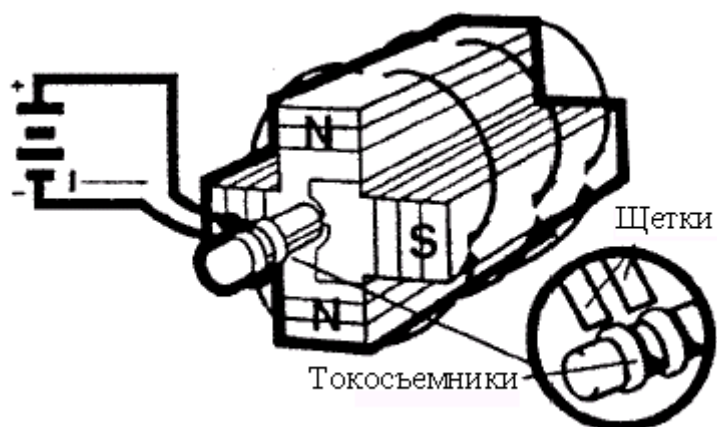
Сборка ротора обеспечивает вращающееся магнитное поле, а напряжение индуцируется в проводниках, расположенных на статоре.



Стр. 2-57

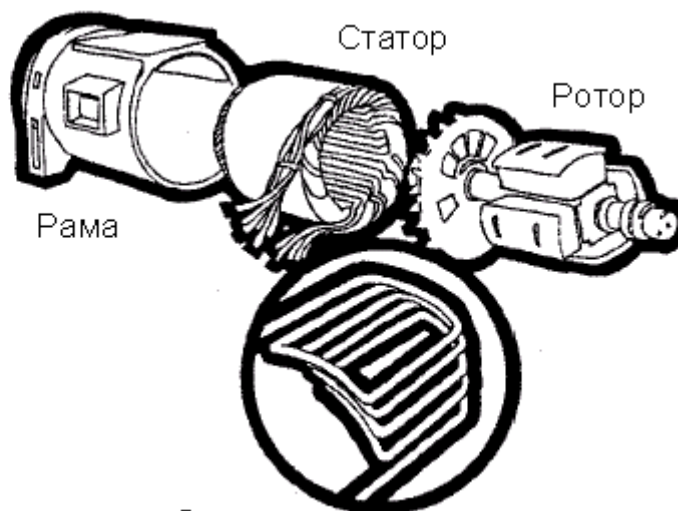
РАБОТА ПРОСТЕЙШЕГО ГЕНЕРАТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОКОСЪЕМНИКОВ И ЩЕТОК

Ротор – это четырехполюсный электромагнит, установленный на валу, обмотка которого выполнена таким образом, что внешние поверхности полюсов попеременно северные и южные. На обмотки ротора подается постоянное напряжение при помощи комплекта **ТОКОСЪЕМНИКОВ И ЩЕТОК**. Когда постоянное напряжение приложено к щеткам, линии магнитного потока идут от северных полюсов к смежным южным.



Стр. 2-58

Статор состоит из железного сердечника, в котором размещены витки провода. Эти витки провода называются **ОБМОТКАМИ**. Статор имеет цилиндрическую форму, так что ротор может поместиться внутри него. Железный сердечник концентрирует линии магнитного потока ротора, таким образом большее напряжения может быть индуцировано в статорных обмотках.

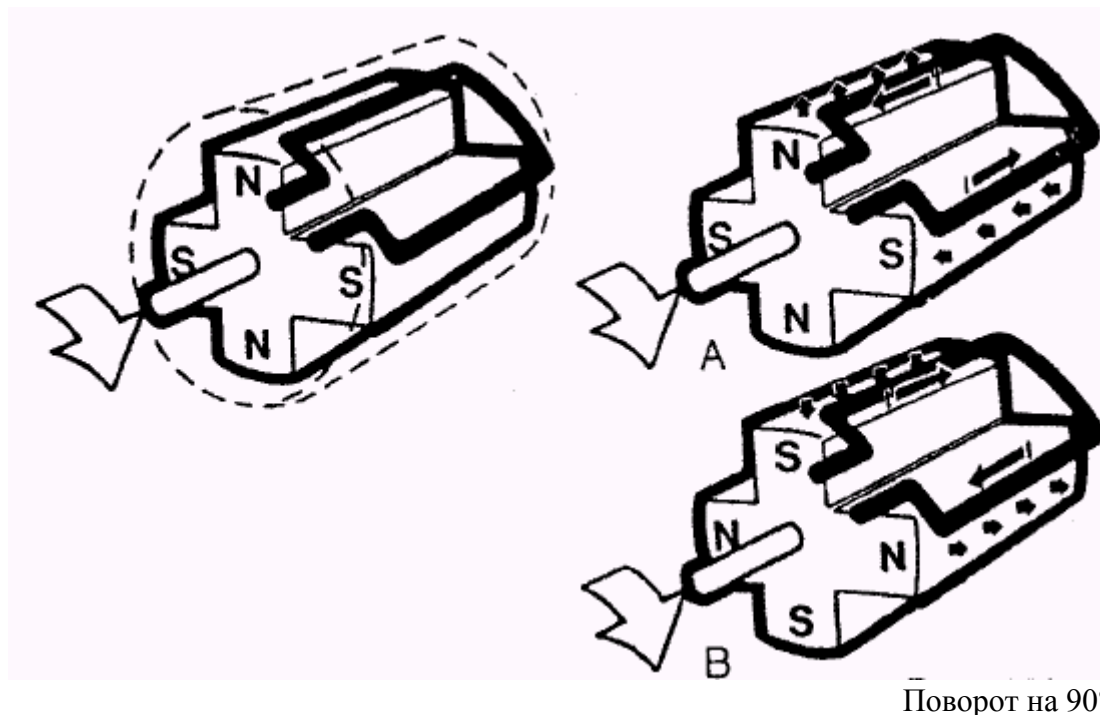


В реальных генераторах обмотку статора формирует множество витков провода. Для объяснения, как напряжение индуцируется в статорной обмотке будет использован только один виток.

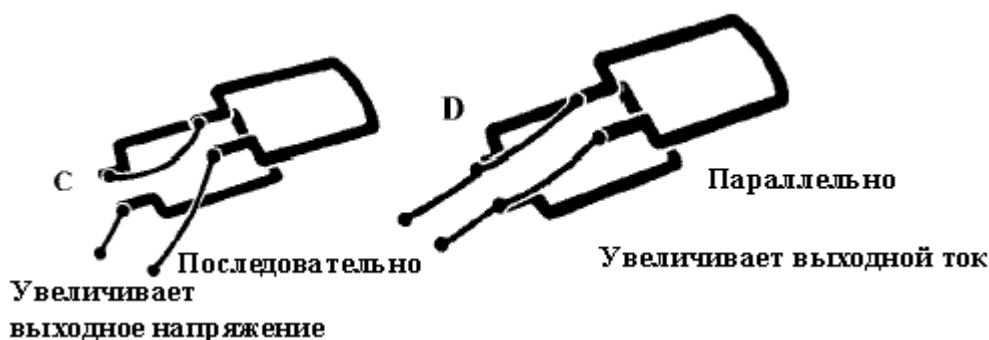
Отдельный виток провода расположен на статоре таким образом, что северный полюс ротора располагается под одной стороной этого витка, а южный – под другой.

При повороте ротора линии магнитного потока северного полюса пересекают верхнюю сторону витка и индуцируют в ней напряжение. В то время как напряжение индуцируется в верхней стороне витка, линии магнитного потока южного полюса индуцируют напряжение в нижней стороне витка. Два этих индуцированных напряжения складываются и вызывают протекание тока, как показано на рисунке. Максимального значения индуцированное напряжение достигает, когда полюса располагаются прямо под сторонами витка. При любом другом положении ротора индуцированное напряжение меньше.

Когда ротор повернется на 90° , линии магнитного потока южного полюса будут пересекать верхний проводник, а линии северного полюса – нижний. Ток потечет в обратном направлении.

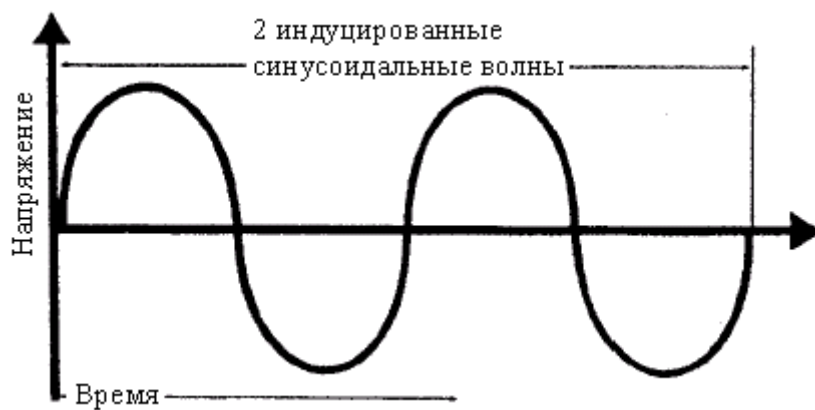


Если другой виток расположить напротив первого, и соединить их последовательно, выходное индуцированное напряжение будет в два раза больше, чем напряжение одного витка. Это точно так же, как последовательное соединение батарей. Витки можно также соединить последовательно для увеличения выходного тока. Следовательно, соединение обмоток последовательной звездой или параллельной звездой является обычным для промышленных пересоединяемых генераторов переменного тока.



Напряжение в форме синусоиды индуцируется в двух статорных обмотках. Каждый оборот мотора (180°) индуцирует один период синусоиды в каждой из двух статорных обмотках. При каждом обороте ротора две синусоидальных волны индуцируются в обмотках статора.

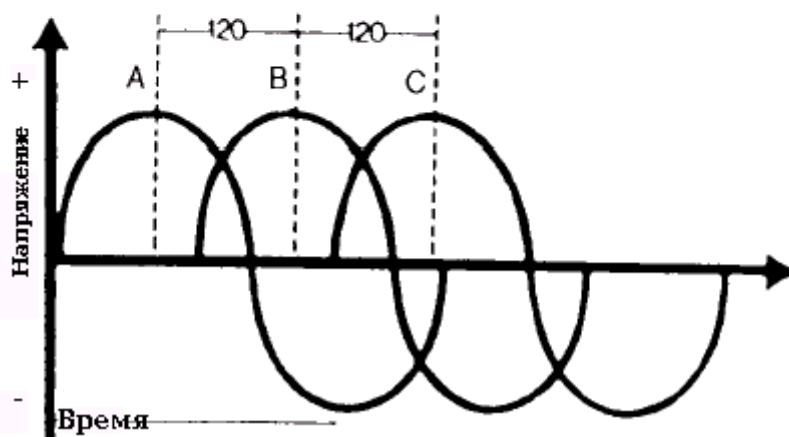
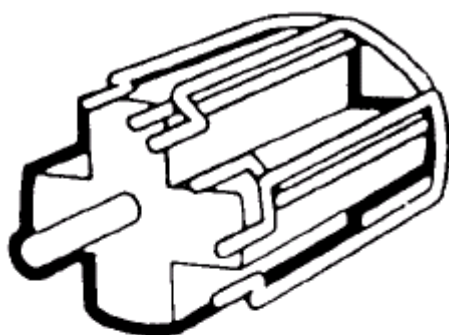
Стр. 2-60



Частота синусоиды определяется количеством полюсов, которое имеет ротор, и скоростью вращения ротора.

ТРЕХФАЗНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

Для увеличения производительности, реальные генераторы имеют три или более отдельных обмоток. На рисунке внизу показан генератор, который имеет три отдельные обмотки, расположенные одинаково по окружности статора. Когда те же два полюса ротора проходят три разные фазные обмотки, напряжение индуцируется в каждой. Напряжение в каждой фазной обмотке достигает пика на 120° раньше другой. Такой тип генератора называется трехфазным генератором. На графике внизу фаза А достигает своего пика на 120° раньше фазы В, а фаза С достигает пика на 120° раньше фазы А. Порядок, в котором синусоидальные волны достигают своих пиков, называется **ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ ФАЗ**. Последовательность фаз генераторов Каминз А, В, С или R, Y, В.



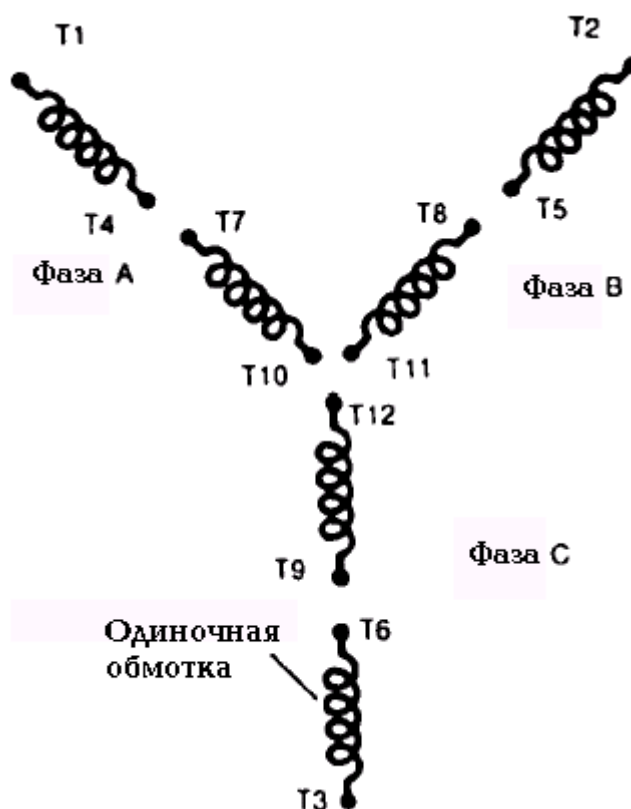
Обратите внимание, что на этом рисунке показан и статор, и ротор.

ОБМОТКИ ГЕНЕРАТОРА

Так как обычно в трехфазных генераторах шесть витков (по два на фазу), представлять их в графической форме представляется невозможным. Обмотки генератора изображают условными обозначениями для катушек.

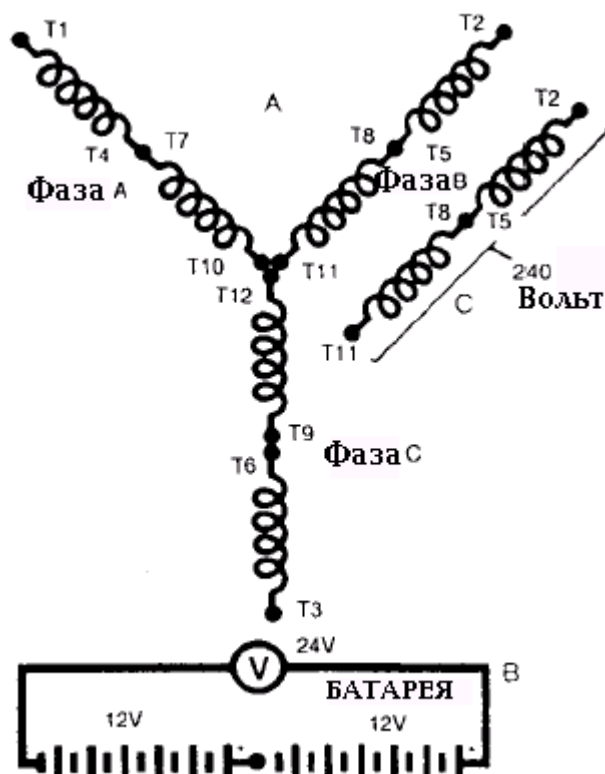
На рисунке внизу схематично показана обмотка трехфазного генератора. Изображенное расположение называется соединением **WYE**, так как это напоминает букву “Y”. Обмотка каждой фазы сдвинута относительно другой на 120° . Начиная с фазы А обмотка идет в направлении по часовой стрелке, каждая обмотка обозначена от $T_1 - T_4$ до $T_9 - T_{12}$. Выводы обмотки выведены из статора в соединительную коробку. Некоторые генераторы имеют только четыре вывода, выходящих в соединительную коробку, тогда как другие имеют 10 или 12 выводов.

Напряжение индуцируется в двух отдельных обмотках фазы. В генераторе эти обмотки физически расположены друг напротив друга. Эти обмотки могут быть соединены последовательно или параллельно в зависимости от величины нужного тока или напряжения.



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЗВЕЗДОЙ

На рисунке внизу показано последовательное соединение двух обмоток каждой фазы.



Соединение двух обмоток последовательно подобно последовательному соединению двух батарей постоянного тока. Каждая батарея помогает другой, поэтому выходное напряжение будет в два раза больше напряжения одной батареи. В части рисунка, обозначенном «С», примем, что 120 В индуцируется в каждой отдельной фазной обмотке. Так как обмотки соединены последовательно, напряжение на двух обмотках 240 В. Последовательное соединение фазных обмоток называется **ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ЗВЕЗДОЙ** или **ВЫСОКИМ СОЕДИНЕНИЕМ WYE**. В части «С» фаза В соединена последовательно соединением выводов T_8 и T_5 .

В генераторе, обмотки которого соединены по схеме **ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ЗВЕЗДЫ**, выходное напряжение берется с любых фазных выводов. На рисунке внизу напряжение можно брать с выводов T_1 и T_2 , или T_2 и T_3 , или T_3 и T_1 .

Выходное напряжение между двумя фазными выводами может быть определено по формуле:

$$V_L = 1,73 \times \text{фазное напряжение}$$

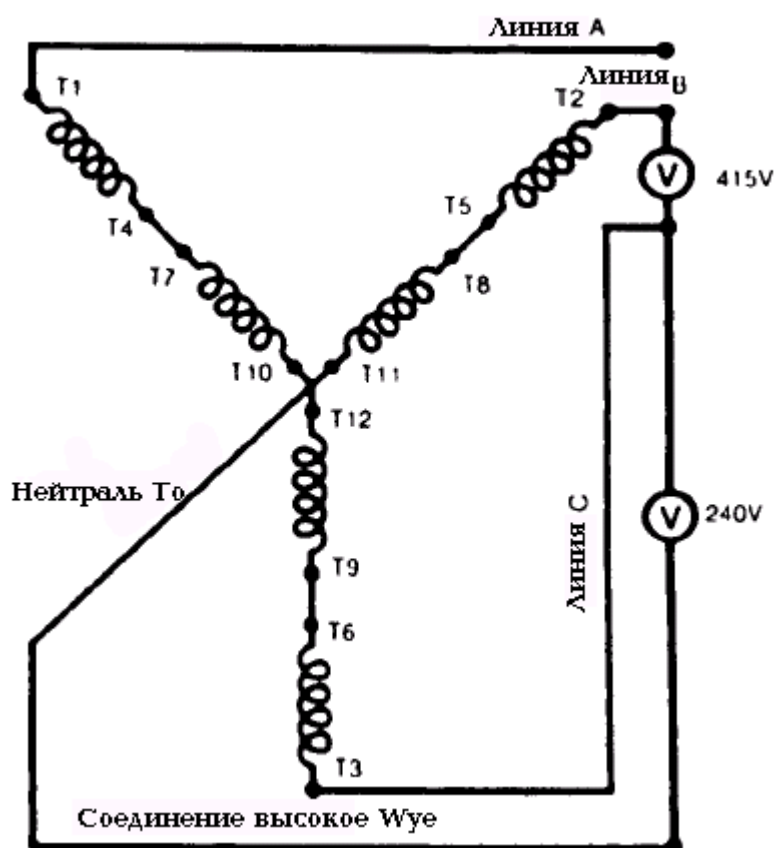
На нижнем рисунке если в обмотках индуцируется 240 В, выходное напряжение между фазами В и С равно:

Стр. 2-64

$$V_L = 1,73 \times 240 \text{ В} = 415 \text{ В}$$

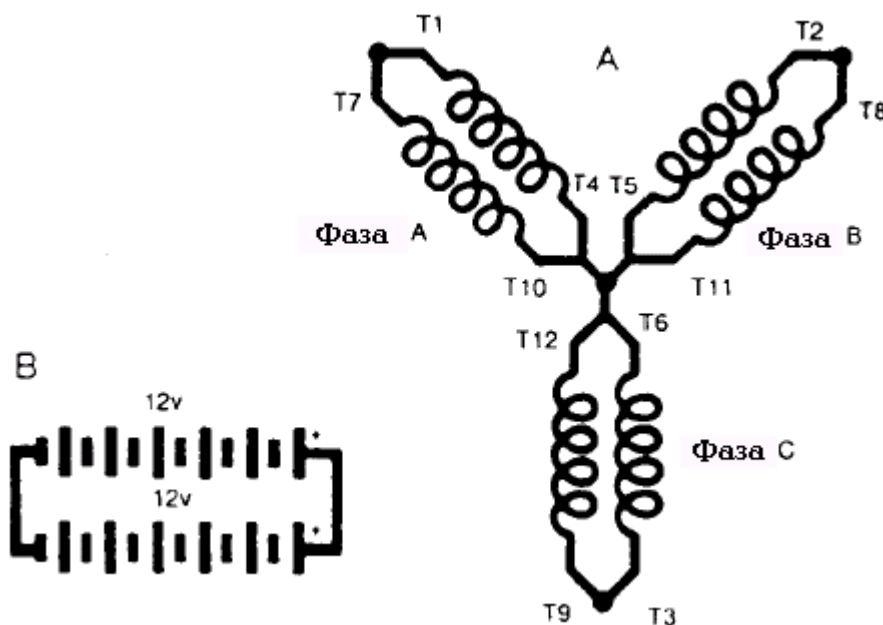
В большинстве генераторов, соединенных по схеме **ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ЗВЕЗДЫ** выводится четвертый вывод (T_0), называемый нейтралью. Напряжение между нейтралью и фазой равно фазному напряжению. На рисунке выходное напряжение между нейтралью и фазой С равно 240 В.

Соединение по схеме **ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ЗВЕЗДЫ** увеличивает выходное напряжение генератора, но фазный ток ограничен током, который может течь в обмотке.



ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЗВЕЗДОЙ

При **ПАРАЛЛЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ ЗВЕЗДОЙ** (Рисунок А) фазные обмотки соединяются параллельно. **ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЗВЕЗДОЙ** можно сравнить с параллельным соединением двух батарей (Рисунок В).



Когда две батареи соединены в параллель, выходное напряжение равно напряжению каждой батареи, но ток, который может быть подан в нагрузку, в два раза больше тока каждой из батарей.

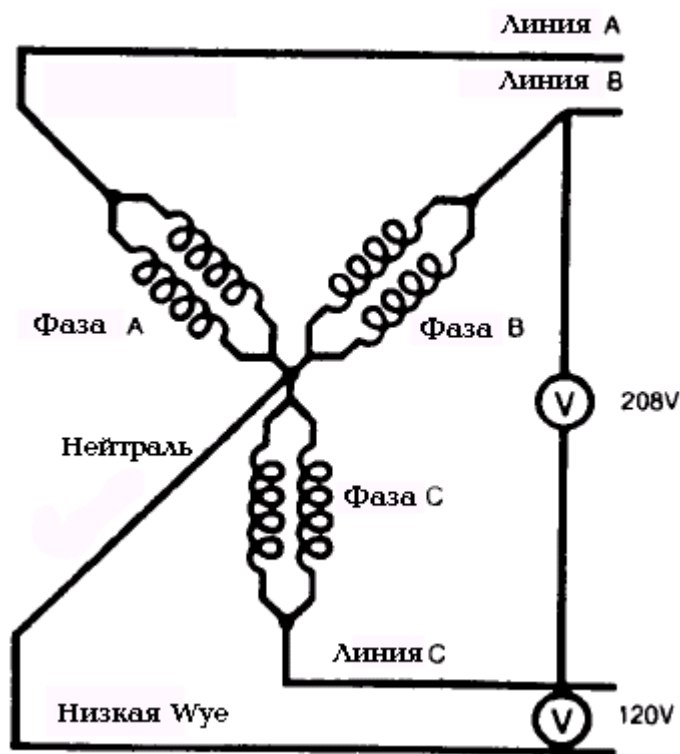
Статорные обмотки соединены по схеме **НИЗКАЯ WYE**. Обмотки фазы В включены в параллель соединением выводов T₅ с T₁₁ и T₂ с T₈.

Напряжение, индуцируемое в паре обмоток, равно напряжению, индуцируемому в одной обмотке. Однако фазный ток, который может протекать через нагрузку, в два раза больше тока в одной фазной обмотке.

Стр. 2-66

Схема соединений выходного напряжения для **ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ЗВЕЗДЫ** показана ниже.

Рис. 12-26



Подобно схеме **ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ЗВЕЗДЫ**, имеется четыре вывода. Напряжение между любыми двумя фазными выводами такое же, как при соединении в **ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНУЮ ЗВЕЗДУ**. Напряжение между линией В и С должно быть 208 вольт, а между фазой С и нейтралью 120 вольт.

ОСТОРОЖНО

Пересоединять обмотки генератора переменного напряжения нужно с большой осторожностью. Неправильное соединение может привести к тому, что машина сгорит.

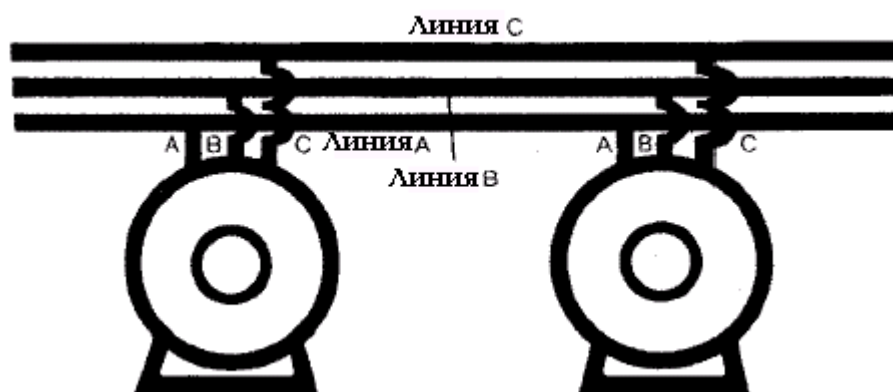
СОЕДИНЕНИЕ ГЕНЕРАТОРОВ В ПАРАЛЛЕЛЬ

Иногда необходимо соединять генераторы в параллель для увеличения вырабатываемой мощности. При включении генераторов в параллель нужно соблюдать крайнюю осторожность, так как неправильное соединение вызовет в генераторах очень большие токи.

Перед тем, как запараллелить генераторы, должны быть выполнены определенные условия:

- **ИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ФАЗ ДОЛЖНА БЫТЬ ОДИНАКОВОЙ.**
- **НАПРЯЖЕНИЕ НА ИХ ВЫВОДАХ ДОЛЖНО БЫТЬ ОДИНАКОВЫМ.**
- **ФАЗА ИХ НАПРЯЖЕНИЙ ДОЛЖНА СОВПАДАТЬ.**
- **ИХ ЧАСТОТА ДОЛЖНА БЫТЬ ОДИНАКОВОЙ.**

Если эти условия выполняются, генераторы могут быть включены в параллельную работу путем соединения каждой фазы одного генератора с соответствующей фазой другого генератора, как показано ниже:



Для более подробного описания параллельной работы генераторов см. Раздел 3.

БЕЗЩЕТОЧНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

Главной проблемой генераторов с токосъемниками и щетками является то, что щетки изнашиваются. Безщеточные генераторы решают эту проблему путем замены токосъемников и щеток маленьким генератором на одном конце роторного вала. Этот маленький генератор называется **возбудитель**. Возбудитель использует метод вращающегося якоря для получения постоянного напряжения, необходимого для ротора. **БОЛЬШИНСТВО ГЕНЕРАТОРОВ, ПРОИЗВОДИМЫХ В ДИАПАЗОНЕ МОЩНОСТЕЙ КАМИНЗ, БЕЗЩЕТОЧНЫЕ.**

УСТРОЙСТВО И РАБОТА ВОЗБУДИТЕЛЕЙ

Возбудитель состоит из якоря, обмотки возбуждения и узла выпрямителя. Обмотка возбуждения имеет цилиндрическую форму и создает стационарное магнитное поле при протекании через нее тока. Якорь расположен на одном конце главного вала ротора и имеет обмотки, необходимые для магнитной индукции.

В якоре при его вращении в магнитном потоке, созданном обмоткой возбуждения, индуцируется трехфазное напряжение. В узле выпрямителя трехфазное переменное напряжение преобразуется в постоянное напряжение.



ВЫПРЯМЛЕНИЕ

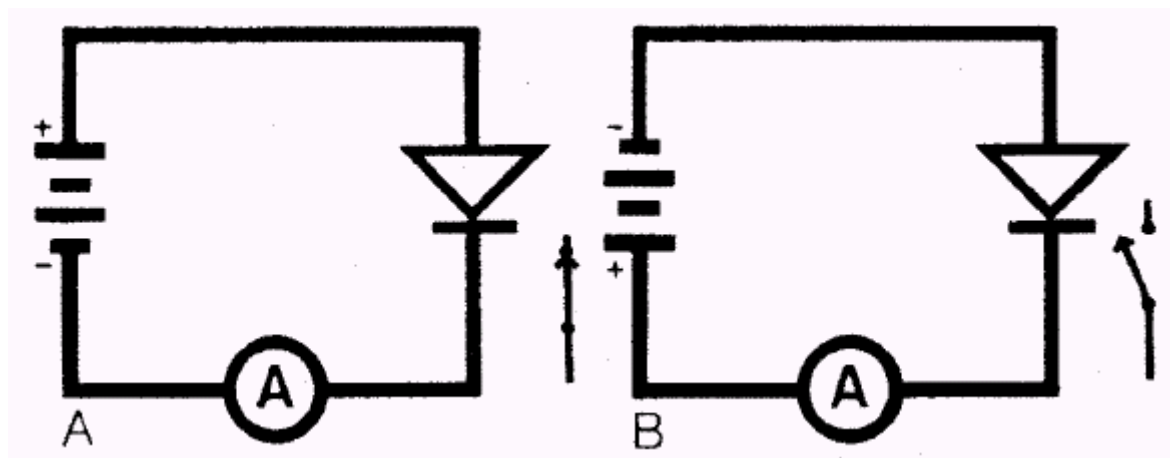
Процесс преобразования переменного напряжения в постоянное называется **ВЫПРЯМЛЕНИЕМ**. Для выпрямления используются приборы, которые называются **ДИОДЫ**.

Диоды преобразуют переменный ток в постоянный потому, что проводят ток только в одном направлении. На схемах диоды обозначаются так:

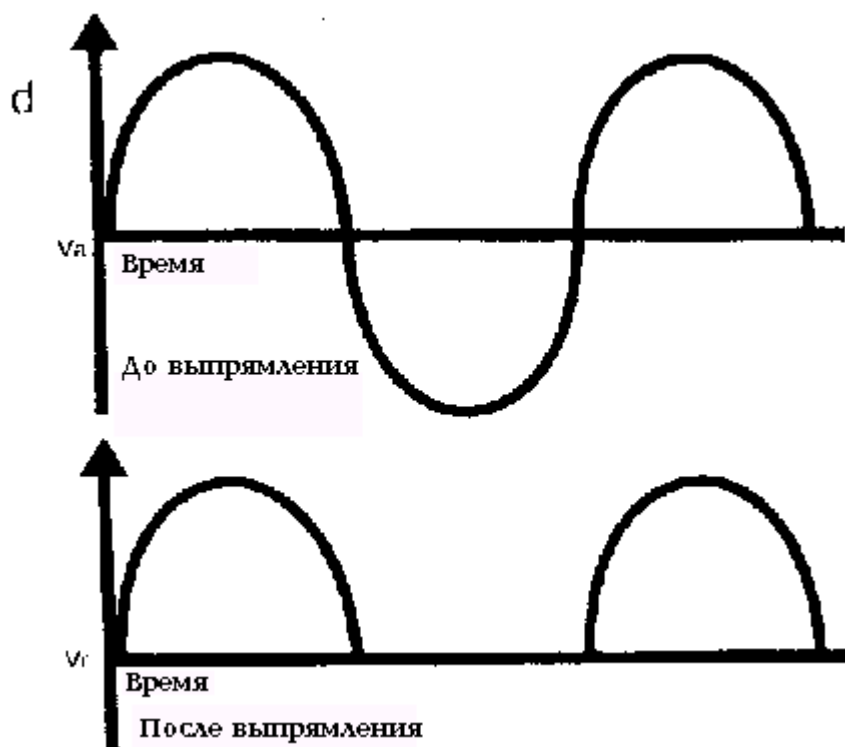


Тот вывод диода, на который указывает стрелка, называется **КАТОД**, а противоположный – **АНОД**.

Если отрицательную клемму батареи присоединить к катоду, а положительную – к аноду, диод будет работать как замкнутый рубильник, и сравнительно большой ток потечет по цепи. Это называется **ПРЯМОЕ СМЕЩЕНИЕ** диода. Если поменять полярность батареи, диод будет действовать как разомкнутый рубильник, и ток не будет протекать по цепи. Это называется **ОБРАТНЫМ СМЕЩЕНИЕМ** диода.

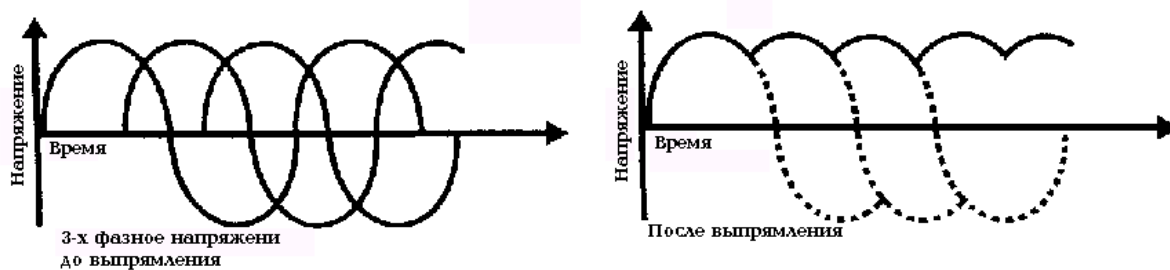


Если приложить к диоду переменное напряжение, диод будет проводить только положительную полуволну синусоиды. При положительной полуволне диод имеет прямое смещение, при отрицательной – обратное. Выходное напряжение будет пульсирующим постоянным напряжением.



В безщеточных генераторах в якоре возбuditеля индуцируется трехфазное напряжение. Узел выпрямителя состоит из трех диодов, которые преобразуют напряжение каждой фазы в постоянное. Каждая пульсирующее фазное напряжение добавляется к двум другим так, что постоянное напряжение, приложенное к ротору, является последовательностью малых импульсов, как показано ниже:

Рис. 12-31

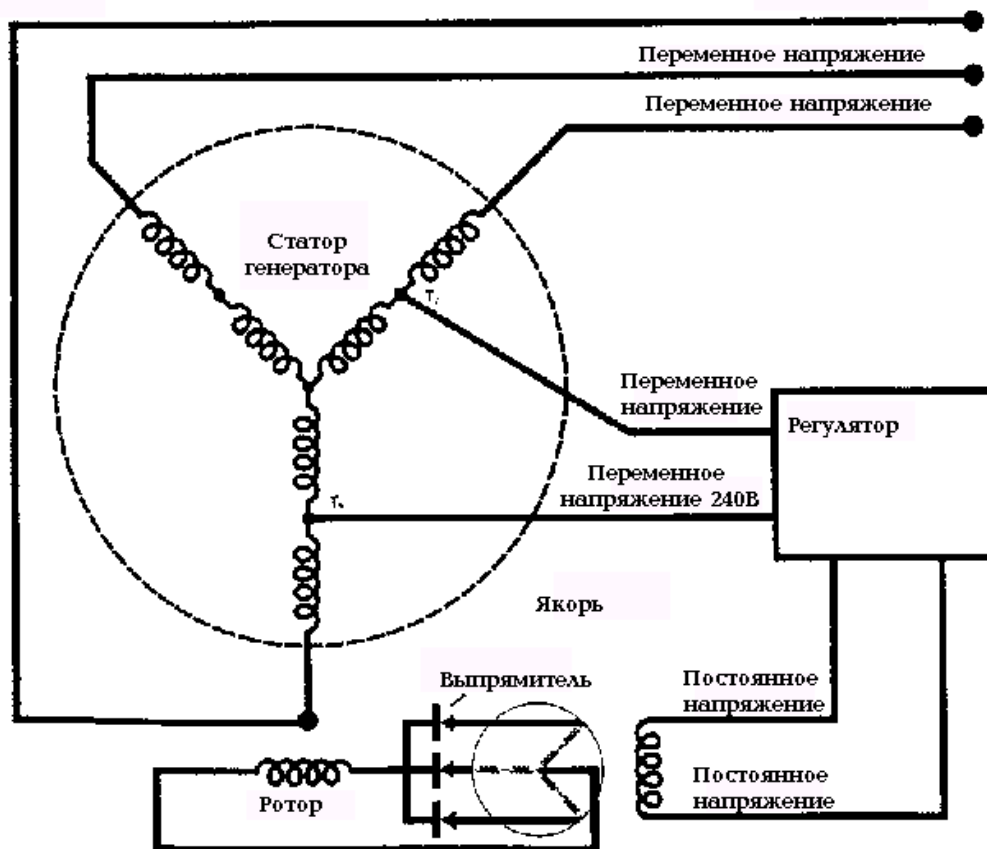


РЕГУЛИРОВКА НАПРЯЖЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА

Поскольку выходное напряжение генератора переменного тока значительно меняется при изменении нагрузки, необходимо каким-нибудь способом добиться поддержания напряжения на зажимах генератора на постоянном уровне. В большинстве генераторов для поддержания постоянного выходного напряжения используется дополнительное устройство управления, которое называется **РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ**. Если выходное напряжение падает при увеличении нагрузки, регулятор напряжения автоматически повышает постоянное напряжение на роторе так, что выходное напряжение восстанавливает свою первоначальную величину. Если выходное напряжение старается увеличиться, регулятор напряжения уменьшает напряжение на роторе и снова восстанавливает величину выходного напряжения.

Поле ротора управляется опосредованно изменением напряжения на обмотке возбуждения возбудителя. Для регулятора в обмотке возбуждения возбудителя требуется меньше тока, чем в главной обмотке возбуждения генератора.

На рисунке на следующей странице показана основная цепь регулятора безщеточного генератора. Вход регулятора подключен к выводам $T_7 - T_9$, и выход регулятора в свою очередь подключен к обмотке возбуждения возбудителя. Когда выходное напряжение уменьшается, регулятор чувствует падение напряжения и увеличивает напряжение на обмотке возбуждения возбудителя, что вызывает увеличение напряжения, индуцируемого в якоре.



Увеличенное напряжение выпрямляется и прикладывается к обмоткам ротора. Поскольку ротор имеет теперь большее напряжение, приложенное к нему, большее напряжение индуцируется в статоре, и выходное напряжение увеличивается до своего первоначального уровня.

РЕГУЛЯТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Регулятор напряжения компенсирует изменения выходного напряжения генератора путем изменения напряжения, приложенного к обмотке возбуждения возбудителя. Регулятор питается однофазным переменным напряжением прямо с генератора. Регулятор состоит из схемы датчика, схемы зажигания и силовой цепи. Ниже показана блок-схема простейшего регулятора.

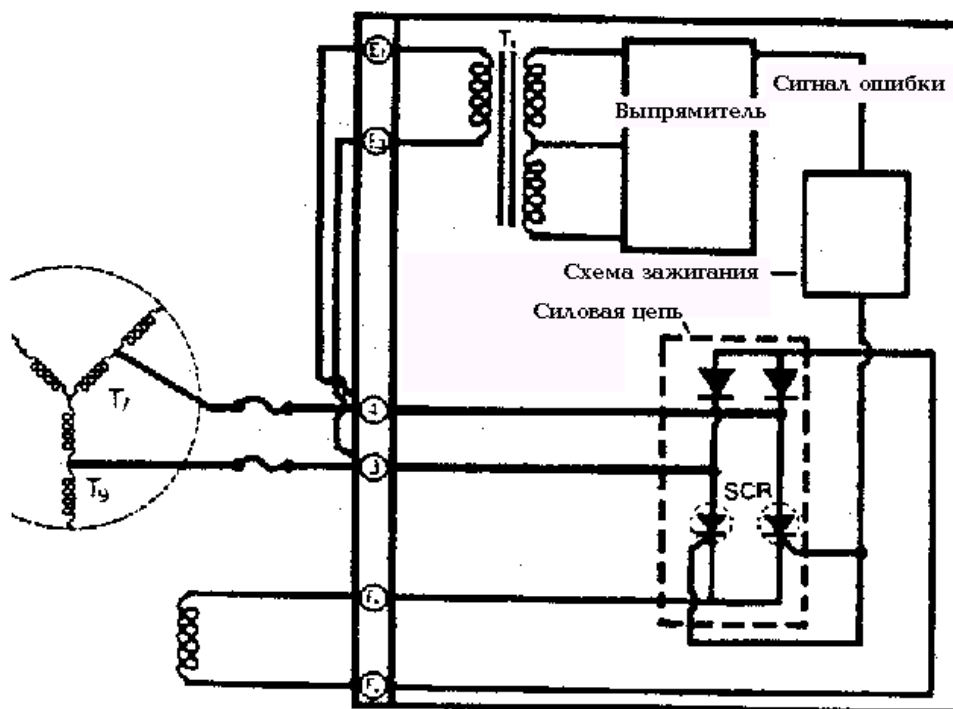


СХЕМА ДАТЧИКА

Схема датчика состоит из трансформатора (T_1), выпрямителя и цепей управления. Трансформатор (T_1) предназначен для уменьшения выходного напряжения до уровня, пригодного для выпрямителя и цепей управления. Выпрямитель вырабатывает постоянное напряжение, которое изменяется пропорционально изменению выходному напряжению генератора.

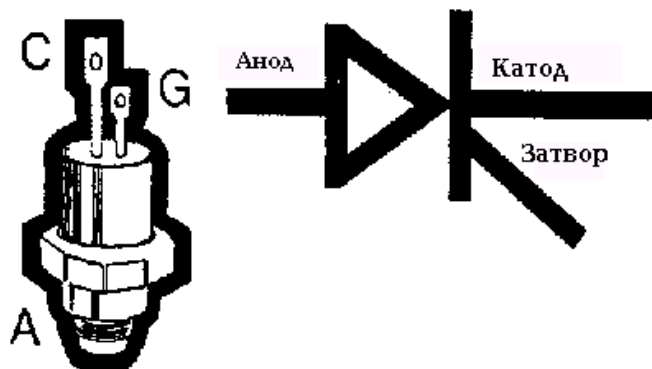
Выходной сигнал выпрямителя подключен к цепям управления, где он сравнивается с опорным напряжением. Любое отличие между постоянным входным напряжением из схемы датчика и опорным напряжением вызывает генерацию в цепях управления «сигнала ошибки». В этом случае сигнал ошибки подается в схему зажигания.

СХЕМА ЗАЖИГАНИЯ

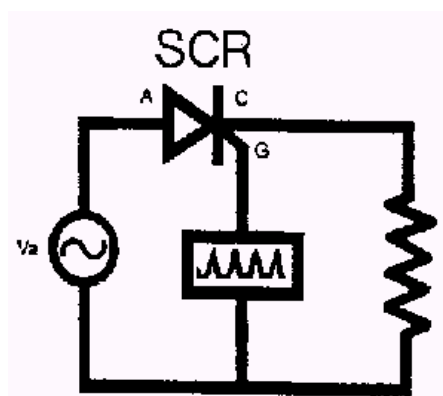
Схема зажигания преобразует сигнал ошибки в последовательность положительных импульсов. Временной промежуток между импульсами изменяется в соответствии с изменением выходного напряжения генератора. Положительные импульсы используются для «зажигания» специальных диодов, которые называются тиристорами, в силовой цепи, см. ниже.

ТИРИСТОРЫ

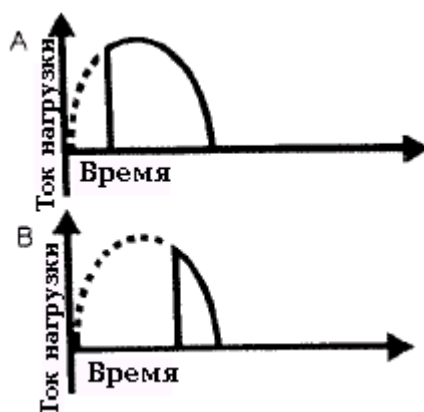
Тиристор имеет выводы, которые называются анод, катод и управляющий электрод, как показано ниже:



Тиристор действует как электронный ключ, который проводит ток от анода к катоду во время положительной полуволны напряжения, таким образом напряжение на нагрузке будет постоянным пульсирующим напряжением.



Время, в течение которого тиристор открыт, может изменяться подачей малого положительного напряжения на управляющий электрод в соответствующий момент. Чем длиннее отрезок времени, в который тиристор открыт, тем больше ток, протекающий через нагрузку. На рисунке А показана форма кривой тока в нагрузке, когда угол открытия тиристора равен 45° . На рисунке В показан ток нагрузки при угле открытия тиристора 135° . Больше тока протекает через нагрузку в случае А, потому что тиристор открывается на больший отрезок времени.



СИЛОВАЯ ЦЕПЬ

Силовая цепь включает выпрямитель, который состоит из двух диодов и двух тиристоров. Выходное напряжение генератора приложено непосредственно к выпрямителю. Выпрямитель преобразует напряжение генератора в пульсирующее постоянное напряжение, которое затем подается на обмотку возбуждения возбудителя. Пульсирующее постоянное напряжение управляется тиристорами в цепи выпрямителя, на управляющие электроды которых подаются положительные импульсы из схемы зажигания. Интервал между импульсами управляет длительностью открытого состояния тиристоров. Если выходное напряжение генератора уменьшается, интервал между импульсами укорачивается, и тиристор открывается раньше в синусоидальном цикле. Тогда больше тока протекает по обмотке возбуждения возбудителя, вызывая увеличение выходного напряжения генератора. Если выходное напряжение пытается увеличиваться, интервал между импульсами увеличивается, зажигание тиристора в цикле происходит позднее. Меньше тока будет протекать через обмотку возбуждения возбудителя, вызывая уменьшение выходного напряжения.

РАЗДЕЛ 3 – ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УКАЗАТЕЛЬ

ГЕНЕРАТОРЫ	3
ВЫБОР ПО ПОЛНОЙ МОЩНОСТИ	3
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ УСТАНОВКИ С ПОМОЩЬЮ КРИВОЙ КПД ГЕНЕРАТОРА	5
СНИЖЕНИЕ НОМИНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	6
РАБОЧАЯ ЧАСТОТА	7
МОЩНОСТЬ ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА В СООТВЕТСТВИИ С ISO 8528	8
КЛАСС ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК	9
ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЙ ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	10
ИСПОЛНЕНИЕ ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПО НАПРЯЖЕНИЮ	12
ПЕРЕЧЕНЬ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	14
СОПРЯЖЕНИЕ ГЕНЕРАТОРА С ДВИГАТЕЛЕМ	16
ВСТРОЕННЫЕ МОДИФИКАЦИИ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ	17
КОНФИГУРАЦИЯ ОБМОТОК ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	19
АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ (АРН)	20
ТИПОВАЯ СИСТЕМА АРН С САМОВОЗБУЖДЕНИЕМ	20
САМОВОЗБУЖДЕНИЕ	21
НЕЗАВИСИМОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ	22
ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРЯЖЕНИЯ	23
КОНТРОЛЬНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	25
АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ	26
ВРЕМЯ УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ	28
ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ	29
АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ В ЛИТОМ КОРПУСЕ (МССВ)	30
ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ МССВ	30
ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ, УСТАНОВКА И ПОДКЛЮЧЕНИЕ МССВ	33
МОЩНОСТЬ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ	34
РАЗГРАНИЧЕНИЕ И КООРДИНАЦИЯ	35
КОЖУХА ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ	36
КОНТРОЛЬНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ	37
ЗАЗЕМЛЕНИЕ	38
ЗАЗЕМЛЕНИЕ ОДНОАГРЕГАТНЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ.	38
ЗАЗЕМЛЕНИЕ МНОГОАГРЕГАТНЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ	38
ЗАЗЕМЛЕНИЕ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ	38
ТИПОВОЕ УСТРОЙСТВО ЗАЗЕМЛЕНИЯ	39
СХЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЗАЗЕМЛЕНИЯ	40
КОНТРОЛЬНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЗАЗЕМЛЕНИЯ	41
УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОГО ВКЛЮЧЕНИЯ РЕЗЕРВА (АВР)	42
СХЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ВКЛЮЧЕНИЯ РЕЗЕРВА	42
ВЫБОР АВР	44
КОНТРОЛЬНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ АВР	46
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ	47
ТИПОВАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕЗЕРВНОГО ГЕНЕРАТОРА	48

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА	49
ТИПОВАЯ СХЕМА СИГНАЛИЗАЦИИ	56
ИНДИКАЦИЯ ПОЛОЖЕНИЯ	57
РАЗМЕР ДВИГАТЕЛЯ	58
ОБЩАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ	63
ТЕЛЕМЕТРИЯ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ	64
СПЕЦИФИКАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПО УСЛОВИЯМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	65
ОПРОСНЫЙ ЛИСТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ	66
ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА ГЕНЕРАТОРОВ	68
ДОСТОИНСТВА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	68
НЕДОСТАТКИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	68
УСЛОВИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	69
ДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ	70
ВКЛЮЧЕНИЕ В ПАРАЛЛЕЛЬ ИЗОЛИРОВАННЫХ ШИН	71
ВКЛЮЧЕНИЕ В ПАРАЛЛЕЛЬ ШИН БЕСКОНЕЧНОЙ МОЩНОСТИ	72
СХЕМЫ РУЧНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ	73
БЛУЖДАЮЩИЙ ТОК	74
УРАНИВАНИЕ РЕАКТИВНОГО ТОКА	74
СХЕМА КВАДРАТИЧНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ТОКА	74
КОМПЕНСАЦИЯ УРАВНИТЕЛЬНОГО ТОКА	74
РУЧНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ И ПРОЦЕДУРА РАЗДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ	75
СХЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ	77
СМЕШАННЫЕ СХЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ	77
ПОРЯДОК ВКЛЮЧЕНИЯ В ПАРАЛЛЕЛЬНУЮ РАБОТУ	78
АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ В ПАРАЛЛЕЛЬНУЮ РАБОТУ	78
АВТОМАТИЧЕСКОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ В ПАРАЛЛЕЛЬНУЮ РАБОТУ В ПРОИЗВОЛЬНОМ ПОРЯДКЕ	78
ЛИНЕЙНОЕ СНИЖЕНИЕ НАГРУЗОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ	80
ВКЛЮЧЕНИЕ В ПАРАЛЛЕЛЬНУЮ РАБОТУ С СЕТЬЮ	81
ДАЛЬНЕЙШИЕ СООБРАЖЕНИЯ	81
РЕЛЕ ВЕКТОРА НАГРУЗКИ (РЕЛЕ ПОТЕРИ ПИТАНИЯ)	82
ПОДКЛЮЧЕНИЕ НЕЙТРАЛИ И ЗАЗЕМЛЕНИЕ	82
РЕЛЕ ПОТЕРИ ПОЛЯ ИЛИ ПОТЕРИ ВОЗБУЖДЕНИЯ	82

ГЕНЕРАТОРЫ

Размер генератора переменного тока определяются тремя параметрами:

- **ПОЛНОЙ МОЩНОСТЬЮ НАГРУЗКИ**
- **СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ПРИВОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ**
- **РАБОЧЕЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ ОБМОТОК**
- **ТРЕБОВАНИЯМИ К КРАТКОВРЕМЕННЫМ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯМ**

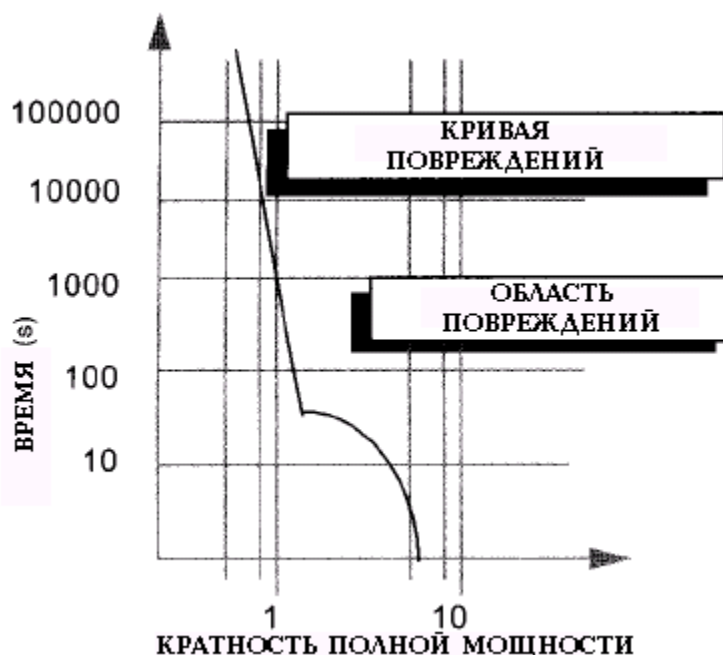
Генераторы переменного тока выбираются таким образом, чтобы характеристики, данные производителями, превышали мощность нагрузки, а также соответствовали требуемым по рабочей частоте, количеству полюсов и классу изоляции по перегреву.

ВЫБОР ПО ПОЛНОЙ МОЩНОСТИ

Выбор по полной мощности определяется мощностью нагрузки, не генератором. Генератор будет питать током любую нагрузку, пока не случится что-либо из нижеследующего:

- **ДВИГАТЕЛЬ ЗАГЛОХНЕТ (ИЗ-ЗА ЧРЕЗМЕРНОЙ АКТИВНОЙ НАГРУЗКИ).**
- **НАПРЯЖЕНИЕ ПОНИЗИТСЯ НИЖЕ УРОВНЯ, КОТОРЫЙ ПОТРЕБУЕТ ВОЗБУЖДЕНИЯ БОЛЬШЕГО, ЧЕМ МОЖЕТ ОБЕСПЕЧИТЬ ВОЗБУДИТЕЛЬ.**
- **ОБМОТКИ ГЕНЕРАТОРА СГОРЯТ, ЧТО ВЫЗОВЕТ ИХ ОБРЫВ.**

Таким образом, генератор для питания нагрузки в продолжительном режиме определенным током без превышения любого из рабочих параметров. Производители генераторов предоставляют кривые ПОВРЕЖДЕНИЙ, показывающие продолжительность и величину длительного тока короткого замыкания до превышения расчетных рабочих параметров. Если допускать работу генератора с превышением рабочих параметров, его срок службы значительно сокращается, либо он может быть поврежден и в худшем случае это приведет к пожару. Автоматический выключатель генератора должен быть выбран и настроен таким образом, чтобы гарантировать, что ток нагрузки, питаемой генератором, никогда не превысит кривую повреждений.

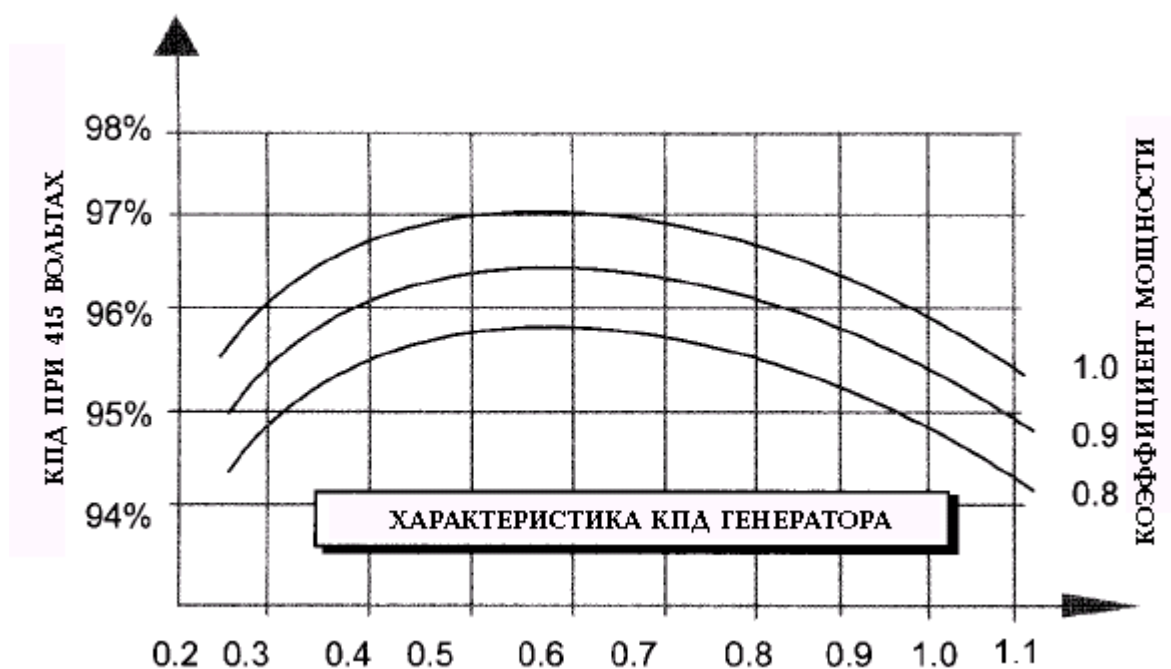


Стр. 3-4

Из-за потерь в генераторе при выборе генератора необходимо принимать во внимание величину КПД. Потери состоят из:

- **ПОТЕРЬ В ЖЕЛЕЗЕ** (из-за вихревых токов и гистерезиса)
- **ПОТЕРЬ В МЕДИ** (из-за сопротивления обмоток)
- **ПОТЕРЬ НА ТРЕНИЕ** (из-за сопротивления воздуха и вентилятора)

КПД генератора пропорционален току нагрузки и поэтому не является постоянной, абсолютной величиной для каждой данной машины. По этой причине производители обычно дают характеристику мощности каждой машины.



Как правило, большие генераторы 500 – 1500 кВА имеют больший КПД (обычно от 90% до 97%), чем генераторы меньшей мощности 0 – 100 кВА (обычно 85 – 93%).

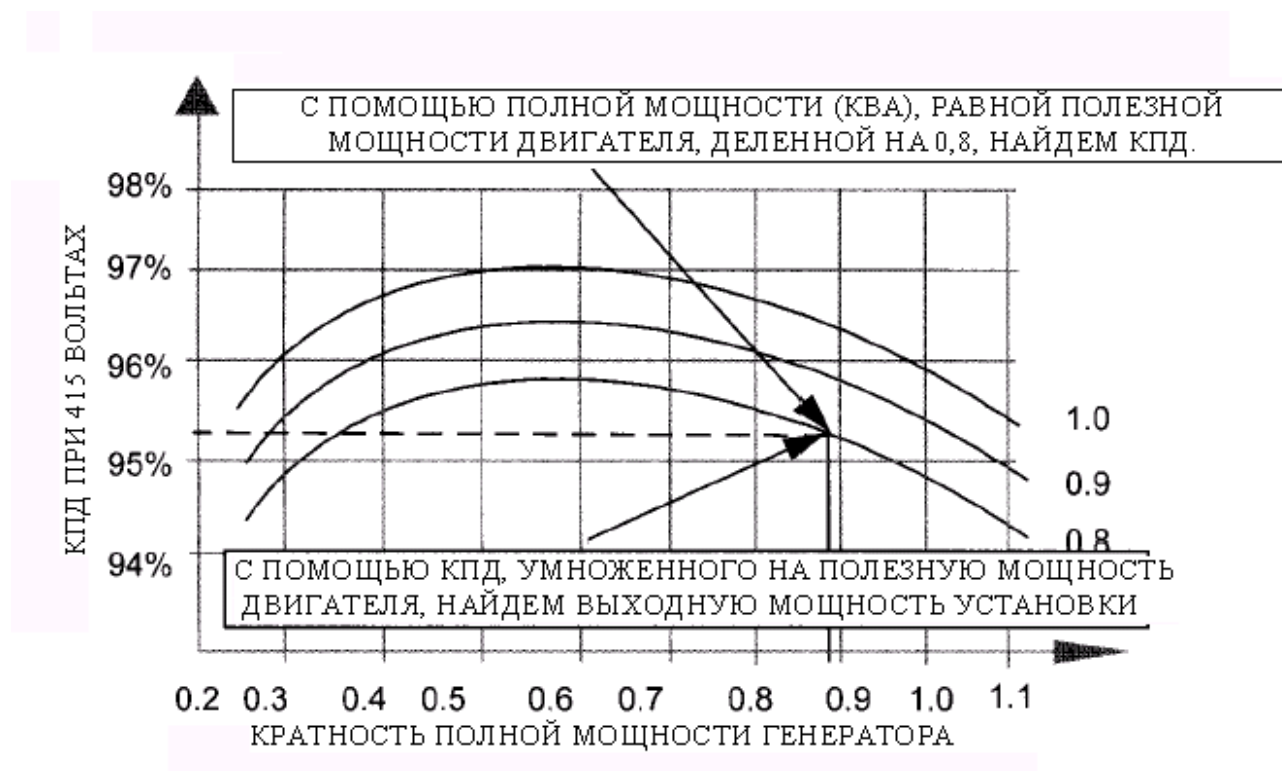
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ УСТАНОВКИ С ПОМОЩЬЮ КРИВОЙ КПД ГЕНЕРАТОРА

Если бы генератор имел КПД 100%, то 100 кВт на маховике приводного двигателя могли бы выработать 100 кВт на выходе генератора.

Поскольку на практике из-за потерь генераторы не имеют КПД 100%, используется следующая процедура для определения выходной мощности генераторной установки:

1. С помощью величины полезной отдачи двигателя в кВт находят эквивалентную полную мощность в кВА, используя коэффициент мощности нагрузки (равный 0,8, если не известно точное значение).
2. В точке пересечения величины полной мощности считывается КПД при данном коэффициенте мощности нагрузки (равном 0,8, если не известно точное значение). Выходная мощность генератора будет равна полезной отдаче двигателя, умноженной на КПД.

Обратите внимание, что чем ближе коэффициент мощности к единице, тем больше КПД генератора, благодаря уменьшению потерь в меди статора и ротора.



kW_m – механическая мощность на маховике двигателя.

kW_e - электрическая мощность на выводах генератора.

СНИЖЕНИЕ НОМИНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Эффективность изоляции снижается при увеличении температуры и/или ослаблении потока охлаждающего воздуха. При работе в этих условиях необходимо снизить мощность нагрузки генератора.

- **ТЕМПЕРАТУРА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Обычно за максимальную температуру, после которой необходимо снижать допустимую мощность нагрузки, принимают 40°C, при большей температуре окружающей среды допустимая температура изоляции будет превышена. Причиной этого является уменьшение охлаждающего эффекта воздуха с температурой, превышающей 40°C, что ведет к уменьшению срока службы машины.

- **ВЫСОТА НАД УРОВНЕМ МОРЯ**

Обычно максимальная высота над уровнем моря, после которой необходимо снижать допустимую мощность нагрузки, принимается равной 1000 м, так как выше 1000 м плотность воздуха и эффективность охлаждения падает, что может привести к превышению допустимой температуры изоляции, рассчитанной для стандартного срока службы.

- **ОГРАНИЧЕНИЕ ПОТОКА ОХЛАЖДАЮЩЕГО ВОЗДУХА**

Типовая потребность генераторов переменного тока в охлаждающем воздухе – от 0,13 м²/с для 30 кВА до 3,1 м²/с для 1400 кВА. В результате при установке

- **БРЫЗГОЗАЩИТНЫХ ЖАЛЮЗЕЙ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ
ВЛАГОЗАЩИЩЕННОСТИ КОРПУСА ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕМЕННОГО
ТОКА**

ИЛИ

- **ФИЛЬТРОВ НА ВОЗДУХОЗАБОРНИКИ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ПЫЛИ ИЗ
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА**

необходимо снизить допустимую мощность нагрузки генератора. Типовой коэффициент снижения при применении и фильтров на воздухозаборники, и при применении брызгозащитных жалюзей – 5%. Обратите внимание, что если смонтированы оба вида этих приспособлений, то коэффициент снижения равен 5% + 5% = 10%.

При установке под кожухом необходимо убедиться, что температура охлаждающего воздуха на входе в генератор не превышает расчетного значения для данного генератора.

Кожух должен быть сконструирован таким образом, чтобы впуск воздуха в двигатель и впуск воздуха в генератор были разделены, особенно когда для нагнетания воздуха под кожух требуется охлаждающий вентилятор. Кроме того, впуск воздуха в генератор должен быть устроен таким образом, чтобы не допустить попадания внутрь влаги и пыли, предпочтительно при помощи фильтра.

ПРИМЕЧАНИЕ: Окружающая температура – это температура воздуха, окружающего генератор – **НЕ** температура наружного воздуха – температура машинного помещения обычно на 10°C выше температуры наружного общества.

РАБОЧАЯ ЧАСТОТА

Обычно в дизельных установках мощностью от 30 до 2000 кВт приводной дизель имеет скорость вращения 1500 об/мин при рабочей частоте 50 Гц и 1800 об/мин при рабочей частоте 60 Гц.

Рабочая частота зависит от скорости вращения двигателя, по существу выходная частота прямо пропорциональна скорости вращения двигателя.

Выходная частота генераторной установки может быть определена по формуле:

$$\text{ЧАСТОТА (Гц)} = (\text{СКОРОСТЬ (ОБ/МИН)} \times \text{ЧИСЛО ПОЛЮСОВ}) / (2 \times 60)$$

Обычные системы:

КОЛИЧЕСТВО ПОЛЮСОВ	СКОРОСТЬ ВРАЩЕНИЯ, ОБ/МИН	ЧАСТОТА, Гц
2	3000	50
4	1500	50
6	1000	50
2	3600	60
4	1800	60
6	1200	60

Механическая вибрация, производимая ротором, зависит от числа полюсов ротора. Для генераторов со скоростями вращения, равными приведенным в вышеприведенной таблице, частоты механической вибрации обычно равны:

КОЛИЧЕСТВО ПОЛЮСОВ	СКОРОСТЬ ВРАЩЕНИЯ, ОБ/МИН	ЧАСТОТА ВИБРАЦИИ, Гц
2	3000	50
4	1500	60
6	1000	25
2	3600	30
4	1800	16,7
6	1200	20

МОЩНОСТЬ РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА В СООТВЕТСТВИИ С ISO 8528

Два режима мощности определены для работы генератора по IEC-34 и ISO 8528-3 (BS7698)

- **ОСНОВНАЯ МОЩНОСТЬ В ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОМ РЕЖИМЕ, кВА**

Мощность в продолжительном режиме – это такая мощность, с которой машина может работать неограниченно долго при определенных условиях. При этом допускается перегрузка на 10% сверх мощности в продолжительном режиме в течении одного часа каждые двенадцать часов. Данная характеристика основана на режиме работы S1 по IEC-34, EN60034-1 и BS4999 часть 101 или Продолжительный режим по NEMA MG1-22.

- **ПИКОВАЯ МОЩНОСТЬ В ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОМ РЕЖИМЕ, кВА**

Пиковая мощность в продолжительном режиме – это такая мощность, с которой машина может работать неограниченно долго при определенных условиях. Этот режим не допускает перегрузки. Данная характеристика основана на режиме работы S10 по IEC-34 (или Режим резервирования по NEMA MG-22). Для этого режима допускается увеличение температуры генератора в зависимости от класса нагревостойкости изоляции. При использовании этой характеристики должен быть определен коэффициент относительного срока службы изоляции по условиям нагрева.

Часто применяются особые характеристики по согласованию с производителями генераторов. Они устанавливают мощность в отношении подходящих температуры и высоты над уровнем моря. Применять особые характеристики следует осторожно.

Правильная оценка мощности должна быть выбрана для конкретной установки, в противном случае срок службы генератора значительно сократится.

КЛАСС ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК

Изоляционные материалы классифицируются по их способности сохранять изолирующие свойства в течении определенного срока службы при воздействии максимальной температуры. Стандартный срок службы генератора переменного тока обычно составляет 100 000 часов работы в продолжительном режиме. Используются нормы повышения температуры из NEMA часть 22 (июнь 1972).

КЛАСС ИЗОЛЯЦИИ МАТЕРИАЛА	A	E	B	F	H
Максимальное допустимое повышение температуры (°C), при температуре окружающей среды 40°C и стандартном сроке службы.	60	75	80	105	125

Срок службы изоляции уменьшается под воздействием следующих факторов:

- **ЧРЕЗМЕРНЫЙ НАГРЕВ**

Это может быть результатом высокой температуры окружающей среды, плохой вентиляции, превышения тока нагрузки или коэффициента мощности, меньшего номинального. Гармоники, вносимые нагрузкой, также производят дополнительное нагревающее действие, что уменьшает срок службы. Уменьшение потока охлаждающего воздуха или его плотности также приводят к нагреву.

- **МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ**

В результате попадания песка, пыли или абразивного материала между движущимися частями и статором может ухудшиться и повредить изоляцию.

- **КОНЦЕНТРАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ**

Короткие замыкания в обмотках, вызванные механическими повреждениями или дефектами изготовления могут вызвать появление локальных точек перегрева, которые ухудшают изоляционные свойства.

- **ХИМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ**

Летучие, разбрызгиваемые или конденсирующиеся химические соединения могут воздействовать на изоляционный материал, значительно сокращая срок его службы.

- **ВОДА И ПЛЕСЕНЬ**

Вода может попасть в обмотки и вызвать рост плесени, что может в конечном итоге привести к порче изоляции.

ПРЕДЕЛЬНЫЙ ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ГЕНЕРАТОРА

Величина предельного тока короткого замыкания генератора требуется при задании номинального тока защитного аппарата и времени срабатывания. Этот ток повреждения может быть использован для подбора коммутационных аппаратов и систем защиты генератора. Способность генератора питать короткое замыкание током очень большой величины определяется типом используемой системы возбуждения.

АРН с самовозбуждением питается от выходного напряжения, которое при коротком замыкании просаживается, и, следовательно, для поддержания магнитного поля доступно меньше энергии. Таким образом машины с самовозбуждением имеют характеристику с большей просадкой напряжения при больших токах, и при коротком замыкании напряжение садится до нуля, если только ток не поддерживается другим источником.

Машины с независимым возбуждением управляют магнитным полем независимо от нагрузки. Обычно генератор с независимым возбуждением будет вырабатывать ток величиной 300% от номинала в течении одной или более секунд.

Существует два вида коротких замыканий трехфазных генераторов:

ТРЕХФАЗНОЕ КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ

При этом все фазы замыкаются накоротко, либо три фазы замыкаются вместе и на землю. Замыкание имеет нулевое сопротивление.

НЕСИММЕТРИЧНОЕ ЗАМЫКАНИЕ

При этом замыкаются одна или две фазы, при несимметричном замыкании величина тока больше, чем при симметричном.

ХАРАКТЕРИСТИКА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Когда замыкание происходит в электрической сети, ток, который вследствие этого возникает, определяется внутренней эдс машины в этой сети, их полным сопротивлением и сопротивлением сети между машиной и местом короткого замыкания.

Ток, протекающий в синхронном генераторе переменного тока сразу после трехфазного короткого замыкания; ток, протекающий несколькими периодами позже и установившийся ток значительно отличаются один от другого из-за явления реакции якоря на магнитный поток в воздушном зазоре машины. Ток убывает сравнительно медленно от своей первоначальной величины до установившегося значения.

Выбор автоматических выключателей для электрической сети зависит не только от величины нормального рабочего тока, но и от максимального мгновенного тока и от тока, который должен быть отключен под напряжением в данной линии. Следовательно, всегда необходимо определять первоначальную величину тока короткого замыкания в системе для того, чтобы выбранный выключатель обладал достаточной **РАЗРЫВНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ**.

Вообще, **СВЕРХПЕРЕХОДНОЕ ИНДУКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ** генераторов переменного тока определяет начальный ток короткого замыкания, тем самым определяя и разрывную способность автоматических выключателей. **ПЕРЕХОДНОЕ ИНДУКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ** применяется для изучения стабильности системы, когда проблема состоит в том, приведет ли короткое замыкание к потере машиной синхронизма с остальной системой, если короткое замыкание будет устранено только через определенный промежуток времени.

Характеристики реакции на симметричное короткое замыкание:

1. Экспоненциальное уменьшение тока короткого замыкания с первоначального высокого значения в течении первого полупериода с момента короткого замыкания. Величина тока (I_{SC}) здесь определяется с помощью **СВЕРХПЕРЕХОДНОГО ИНДУКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ** генератора:

$$I_{SC} = E_{OC} / X''_d$$

E_{OC} –напряжение на разомкнутых выводах генератора. Сверхпереходное индуктивное сопротивление генератора приводится в спецификациях и обозначается X''_d .

2. Прохождение тока короткого замыкания через самый низкий уровень определяется **ПЕРЕХОДНЫМ ИНДУКТИВНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ** генератора. **ПЕРЕХОДНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ** генератора приводится в спецификациях и обозначается X'_d .
3. Постоянная величина тока, которая достигается через 0,2 – 0,5 секунды, определяется **СИНХРОННЫМ ИНДУКТИВНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ** X_d генератора и регулированием напряжения.

Производители предоставляют **ДЕКРЕМЕНТНЫЕ КРИВЫЕ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ**, являющиеся подробными характеристиками токов короткого замыкания для каждой модели генератора.

ХАРАКТЕРИСТИКА НАПРЯЖЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА

В результате подключения или отключения нагрузки генератора величина напряжения мгновенно изменяется. При подключении нагрузки напряжение падает, затем восстанавливается до номинала. При отключении нагрузки напряжение повышается и возвращается к номиналу. Характеристика, по которой напряжение проседает и восстанавливается, определяется особенностями генератора и способностью АРН и цепи возбуждения возвращать величину напряжения к номинальному значению.

Основные параметры характеристики напряжения:

- **ПЕРЕХОДНАЯ ПОСАДКА НАПРЯЖЕНИЯ**

Это величина, до которой падает напряжение при внезапном включении нагрузки, выражаемый в процентах от номинального рабочего напряжения.

- **ПЕРЕХОДНОЕ ПЕРЕРЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ**

Это величина, до которой вырастает напряжение в результате отключения нагрузки, которая выражается в процентах к номинальному рабочему напряжению.

- **ВРЕМЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ**

Это время, которое требуется для восстановления напряжения до величины, отличающейся от номинала не более чем на 2 – 3%.

- **ПРЕДЕЛЫ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА**

Это пределы отклонения напряжения от номинала при работе генератора на постоянную нагрузку.

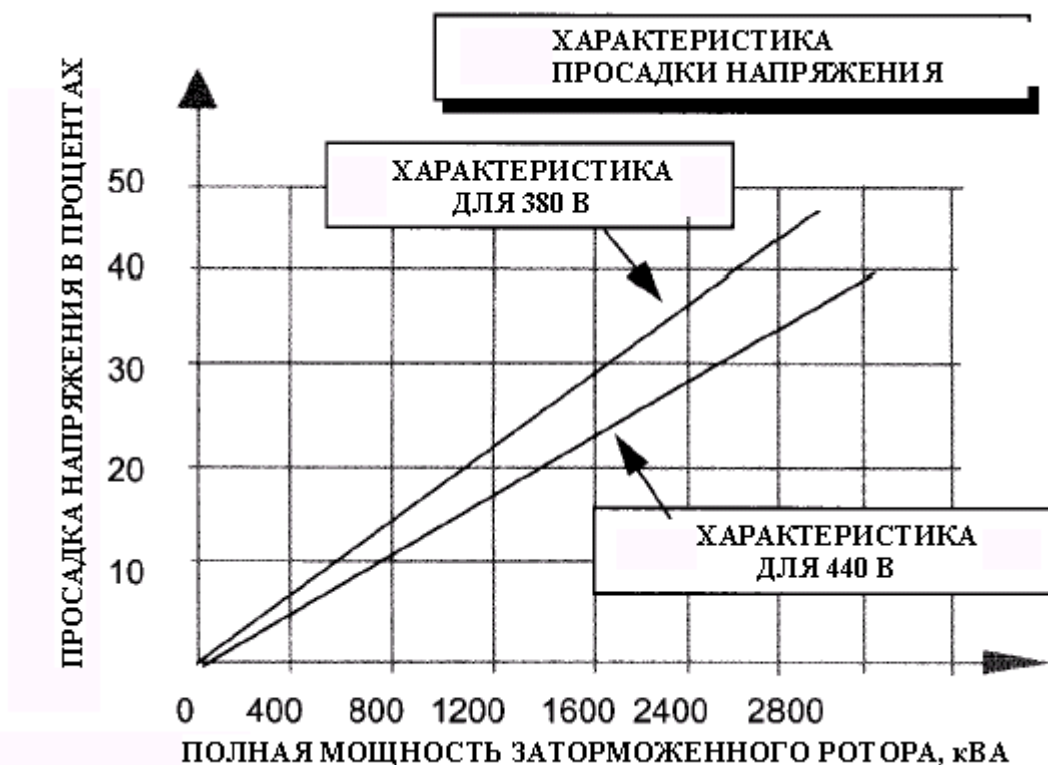
При выборе генератора для данной нагрузки необходимо принимать во внимание действие мгновенной нагрузки на выходные параметры генератора. Обычно генераторы выбирают на просадку напряжения <2%. Большие скачки нагрузки, такие, как пуск электродвигателя, могут вызвать сильные просадки напряжения, которые могут воздействовать на другие нагрузки, например, вызвать уменьшение яркости освещения, и в некоторых случаях это может привести к срабатыванию защиты минимального напряжения и отключению электрической системы.

Быстрая переходная характеристика требуется для резервных генераторных установок, где нужно, чтобы установка быстро принимала на себя нагрузку. Для установок, являющихся основным источником питания, работающих в длительном режиме, длительность переходной характеристики по напряжению менее критична.

ISO 8528 часть 1 определяет классы характеристик по напряжению. Об этом см. раздел по требованиям к месту установки и анализу нагрузки.



Производители генераторов предоставляют кривые просадки напряжения, которые показывают просадку выходного напряжения для данного наброса нагрузки. При выборе генератора необходимо справляться с ними, чтобы максимальный наброс нагрузки не повлиял неблагоприятно на работу других чувствительных к изменениям напряжения потребителей, присоединенных к этой же генераторной установке.

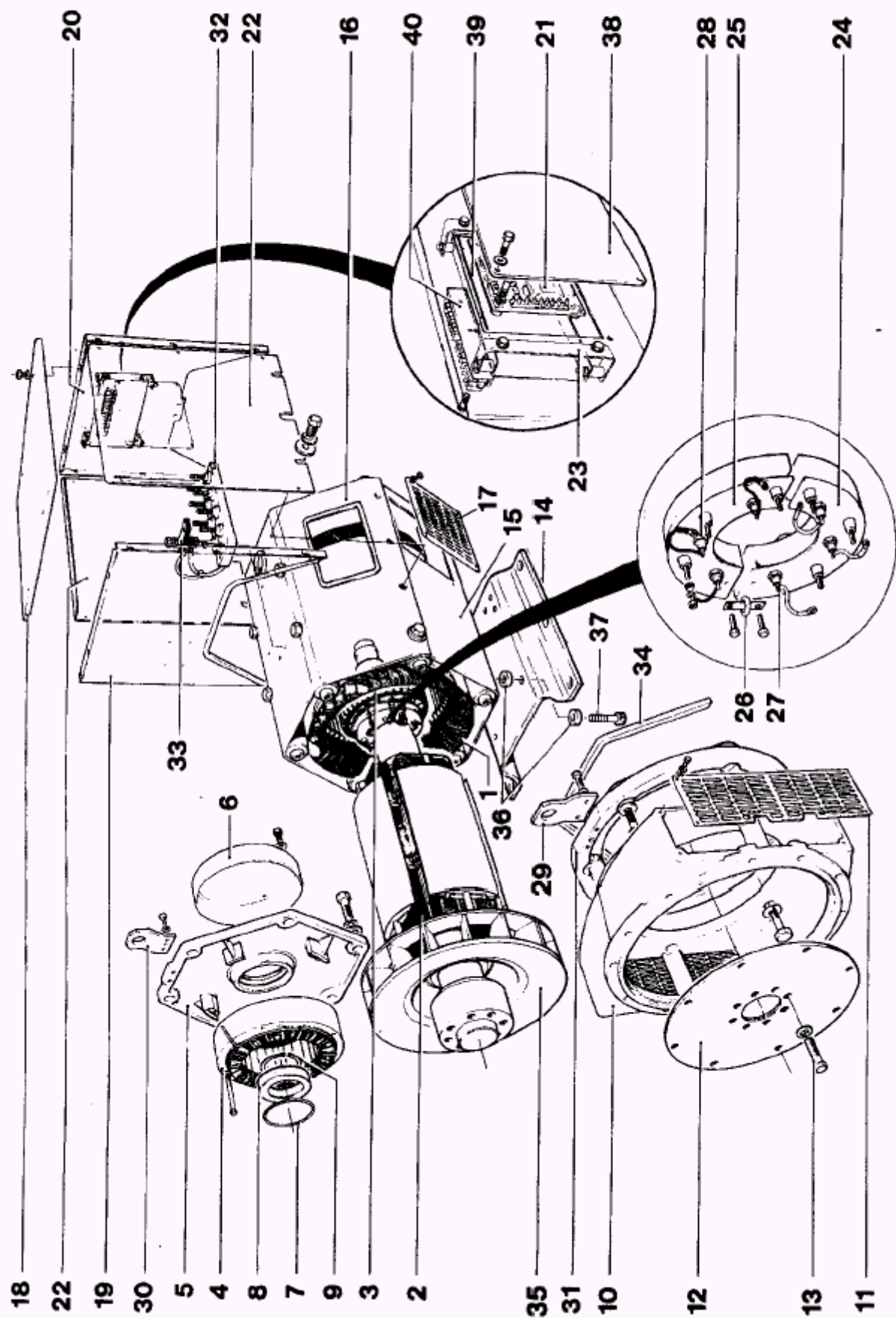


Например, для данной характеристики, наброс нагрузки 1600 кВА в генераторе 380 В приведет к временной просадке напряжения приблизительно на 20%.

ПЕРЕЧЕНЬ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

ПОЗИ- ЦИЯ	ОПИСАНИЕ	ПОЗИ- ЦИЯ	ОПИСАНИЕ
1	статор	25	главный выпрямитель
2	ротор	26	варистор
3	ротор возбуждителя	27	диод прямой полярности
4	статор возбуждителя	28	диод обратной полярности
5	подшипник неприводного конца вала	29	монтажная проушина со стороны привода
6	крышка подшипника неприводного конца вала	30	монтажная проушина со стороны, противоположной приводу
7	уплотнительное кольцо подшипника неприводного конца вала	31	гнездо переходного кольца подшипникового щита
8	подшипник неприводного конца вала	32	главная колодка выводов
9	пружинное кольцо неприводного конца вала	33	соединение вывода
10	гнездо приводного конца вала/ переходная муфта	34	крайний бандаж
11	сетка приводного конца	35	вентилятор
12	диск сцепления	36	монтажная прокладка под лапу
13	болт сцепления	37	болт
14	лапы	38	крышка блока АРН
15	низ несущего корпуса	39	противовибрационный монтажный кронштейн АРН
16	верх несущего корпуса	40	вспомогательный клеммник
17	крышка воздухозаборника		
18	крышка коробки выводов		
19	торцевая панель со стороны приводного конца вала		
20	торцевая панель со стороны неприводного конца вала		
21	АРН		
22	боковая панель		
23	монтажный кронштейн АВР		
24	сборка главного выпрямителя - спереди		

Стр. 3-16



СОПРЯЖЕНИЕ ГЕНЕРАТОРА С ДВИГАТЕЛЕМ

ДВУХОПОРНЫЙ ТИП

Генератор с двумя опорами требует наличия прочной опорной плиты или основания с монтажными площадками для двигателя и генератора, которые бы обеспечили хороший базис для точной центровки. Сильная связь двигателя с генератором может увеличить общую жесткость установки. Гибкую связь, разработанную для конкретной комбинации генератор-двигатель, рекомендуется применять для минимизации скручивающего эффекта.

Преимущества генераторов с двумя опорами следующие:

- **УМЕНЬШЕННАЯ НАГРУЗКА НА ВАЛ**
- **ГЕНЕРАТОР ИЗОЛИРОВАН ОТ ДВИГАТЕЛЯ, ЭТО ПОЗВОЛЯЕТ ИЗБЕЖАТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГЕНЕРАТОР ТОРСИОННЫХ ВИБРАЦИЙ ДВИГАТЕЛЯ.**
- **УМЕНЬШАЕТ ТОРСИОННУЮ АМПЛИТУДУ ВИБРАЦИЙ ГЕНЕРАТОРА, ЧТО ПОЗВОЛЯЕТ:**
 - **УВЕЛИЧИТЬ СРОК СЛУЖБЫ ПОДШИПНИКОВ**
 - **УВЕЛИЧИТЬ СРОК СЛУЖБЫ РОТОРА**
 - **УМЕНЬШИТЬ ЦИКЛИЧЕСКУЮ ИРРЕГУЛЯРНОСТЬ**
 - **УМЕНЬШИТЬ ШУМ**

Двухопорные генераторы имеют следующие недостатки:

- **ПОВЫШЕННУЮ ОБЩУЮ СТОИМОСТЬ**
- **ДЛЯ МОНТАЖА ГЕНЕРАТОРА НУЖНО БОЛЬШЕ КОМПОНЕНТОВ**
- **ВОЗМОЖНАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ, ВЫЗВАННАЯ РЕАКЦИЕЙ ГИБКОГО ПРИВОДА НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ИРРЕГУЛЯРНОСТЬ**

ОДНООПОРНЫЙ ТИП

Этот тип намного более популярен для установок в диапазоне мощностей 3 – 2000 МВт. Одноопорные генераторные установки требуют прочной опорной плиты с монтажными площадками для двигателя/ генератора для обеспечения хорошего базиса для точной центровки. Максимальный изгибающий момент фланца двигателя должен быть ограничен характеристиками двигателя. Преимущества одноопорной схемы по сравнению с двухопорной заключаются в следующем:

- **ОБЛЕГЧАЕТСЯ ЦЕНТРОВКА, СОПРЯЖЕНИЕ И МОНТАЖ**
- **УМЕНЬШАЕТСЯ СТОИМОСТЬ СОПРЯЖЕНИЯ**

Центровка одноопорного генератора очень важна, и изгиб фланцев между генератором и двигателем может вызвать вибрацию. Торсионная вибрация присутствует во всех системах, приводимых двигателем через вал, и может достичь таких величин при определенных скоростях, что вызовет повреждение механизма. Следовательно, необходимо всегда принимать во внимание действие торсионной вибрации на валу и на сочленении, как одноопорных, так и в двухопорных генераторах.

ВСТРОЕННЫЕ МОДИФИКАЦИИ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Кроме стандартных характеристик, доступны также дополнительные принадлежности и модификации генератора. Обычно модификации доступны за дополнительную оплату и стоимость доставки.

ВСТРОЕННЫЕ МОДИФИКАЦИИ

ОСОБОЕ УСТРОЙСТВО ВАЛА

Иногда требуется, чтобы вал подходил к нестандартному двигателю или устройству сопряжения.

МУФТА ИЛИ ПЕРЕХОДНИК

Упругая муфта или специальный демпфер может потребоваться для установки генератора и двигателя. В каждом случае необходимо проводить анализ торсионных вибраций.

ОСОБОЕ УСТРОЙСТВО ВЫВОДОВ ОБМОТКИ

Большое количество различных напряжений могут быть получены с помощью различных соединений 12 выводов, имеющихся на стандартном генераторе. Кроме этих 12 выводов иногда нужны особые устройства выводов обмоток.

ОСОБОЕ УСТРОЙСТВО ОСНОВАНИЯ

Для установки больших генераторов и сведения к минимуму изгибающего момента на картере маховика двигателя иногда требуется особое нестандартное положение основания генератора.

ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

АРН С ТРЕХФАЗНЫМ ВХОДОМ

В то время, как однофазный АРН устанавливается на стандартные генераторы, для некоторых применений, таких, как ключевой режим нагрузки, требуется отслеживать все три фазы.

ФИЛЬТРЫ РАДИОПОМЕХ

Дополнительная фильтрация статора с целью подавления высокочастотного шума обеспечивается конденсаторным фильтрующим модулем. Этот модуль поможет выполнить требования нижеследующих стандартов и должен устанавливаться, где требуется соответствие им.

- **BSEN 50081**
- **BSEN 50082**
- **VDE 0875**
- **BS 1597**
- **MIL 461**

ТЕРМОДАТЧИК ОБМОТОК

В случае, когда требуется наличие температурного датчика в обмотках для измерения рабочей температуры и мониторинга срока службы, необходимо, чтобы эти датчики были обмотаны изоляцией в процессе производства.

ТЕРМОДАТЧИК ПОДШИПНИКА

В случаях, когда требуется отслеживать температуру подшипника, подшипник должен иметь посадочное место, в котором было бы место для установки датчика температуры в процессе производства.

Стр. 3-18

АНТИ-КОНДЕНСАТНЫЕ НАГРЕВАТЕЛИ

Они представляют из себя элементы, питаемые от электросети, которые устанавливаются в распределительной коробке. Рекомендуется использовать их в установках, находящихся в резерве или при хранении для поддержания обмоток в хорошем состоянии.

ВОЗДУШНЫЕ ФИЛЬТРЫ

При работе агрегата в условиях запыленности на воздухозаборники должны быть установлены фильтры для очистки воздуха от пыли, так как она может уменьшить срок службы генератора. При использовании фильтров допустимая нагрузка должна быть уменьшена на 5%.

БРЫЗГОЗАЩИТНЫЕ ЖАЛЮЗИ

Применение брызгозащитных жалюзей повышает класс защиты машины, но допустимая нагрузка должна быть уменьшена на 5%.

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Список дополнительного электрооборудования, поставляемого производителем генераторов, включает:

РЕГУЛЯТОР КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

КОМПЛЕКТ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА КВАДРАТУРНОГО ОСЛАБЛЕНИЯ

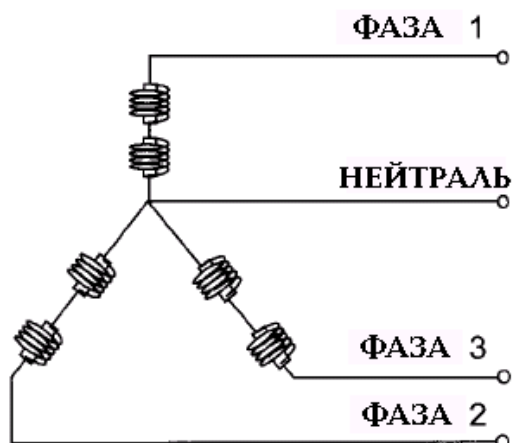
БЛОКИ ПРЕВЫШЕНИЯ ЧАСТОТЫ

БЛОКИ ПРЕВЫШЕНИЯ ОБОРОТОВ

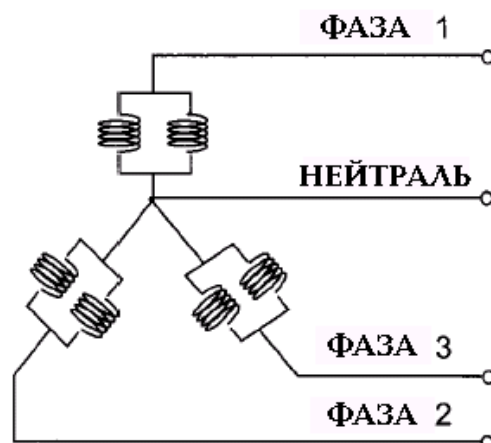
РЕЛЕ ПОТЕРИ ВОЗБУЖДЕНИЯ

Данное оборудование подробно описывается в разделе «Система управления» в качестве функциональных блоков системы управления генераторной установки.

СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТКОВ ГЕНЕРАТОРА

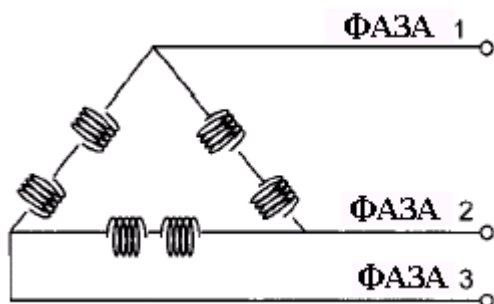


ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ ЗВЕЗДА

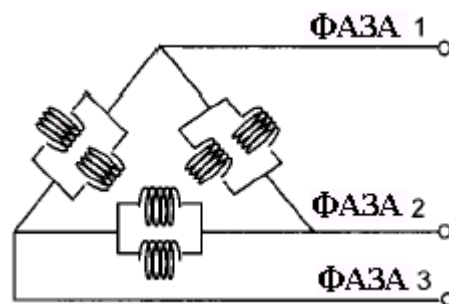


ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ЗВЕЗДА

ЧАСТОТА, Гц	ЛИНЕЙНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ	ФАЗНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ	ЛИНЕЙНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ	ФАЗНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ
50	380	219	190	110
50	400	231	200	115
50	416	240	208	120
60	380	219	190	110
60	416	240	208	120
60	440	254	220	127
60	460	266	230	133
60	480	277	240	139



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ ТРЕУГОЛЬНИК



ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ
ТРЕУГОЛЬНИК

ЧАСТОТА, Гц	ЛИНЕЙНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ	ФАЗНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ
50	200	100
50	220	110
50	240	240
60	240	120
60	277	139

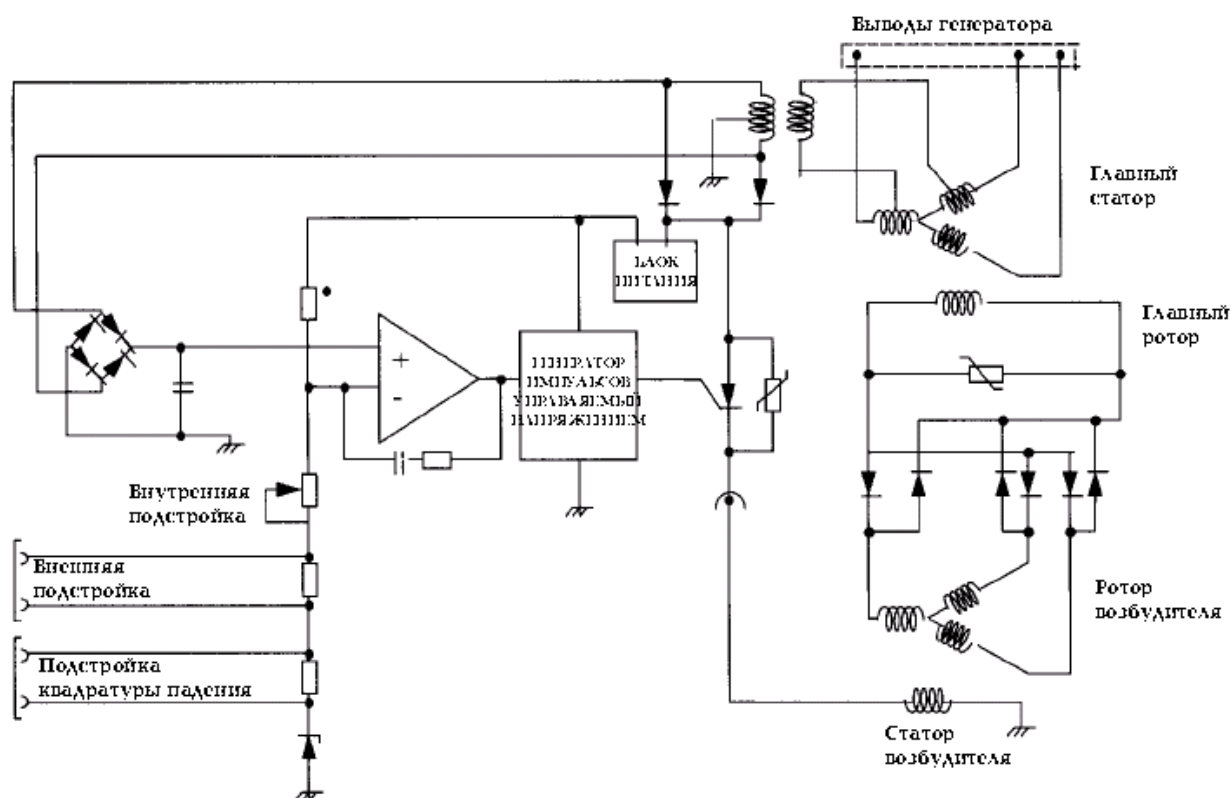
ЛИНЕЙНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ
100
120
120
139

N.B. Полная схема соединений должна находиться в заводской документации.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕГУЛЯТОР НАПЯЖЕНИЯ (АРН)

Система регулирования напряжения компенсирует изменения выходного напряжения генератора путем изменения напряжения, приложенного к обмотке возбуждения возбудителя.

Существует две основных принципа регулирования напряжения,
САМОВОЗБУЖДЕНИЕ И НЕЗАВИСИМОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ.



ТИПОВАЯ СХЕМА АРН С САМОВОЗБУЖДЕНИЕМ

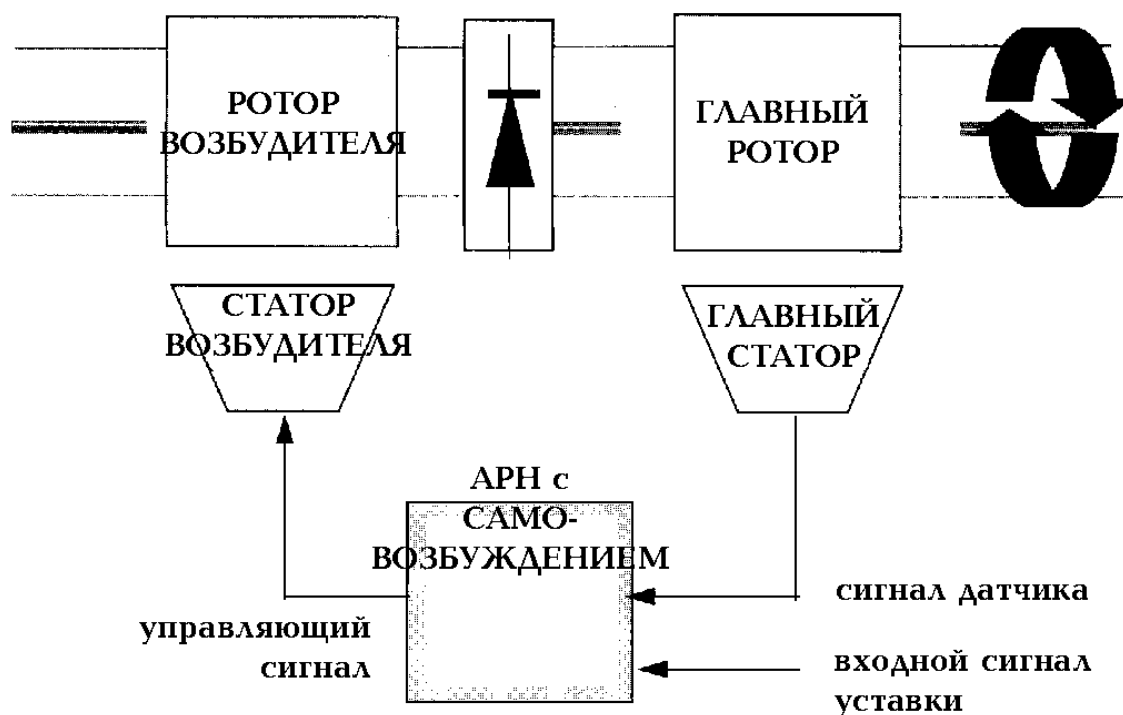
САМОВОЗБУЖДЕНИЕ

Питание АРН генераторов с самовозбуждением осуществляется прямо с их силовых выводов. Выходное напряжение выпрямляется и питает обмотку подвозбуждения, поддерживая величину поля возбуждения под управлением АРН. Другими словами, часть мощности, производимой генератором, отбирается, выпрямляется и используется для создания электромагнита, который генерирует магнитное поле генератора.

Машины с самовозбуждением имеют следующие особенности:

- **ПРОСТАЯ И НЕДОРОГАЯ СХЕМА ВОЗБУЖДЕНИЯ**
- **НАПРЯЖЕНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПРОСЕДАЕТ В СЛУЧАЕ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ**
- **ВРЕМЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НЕ НАМНОГО ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ ВРЕМЕНИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В МАШИНАХ РАЗДЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ**
- **НАЧАЛЬНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ ЗАВИСИТ ОТ ДОСТАТОЧНОГО ОСТАТОЧНОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ГЛАВНЫХ ВЫВОДАХ**

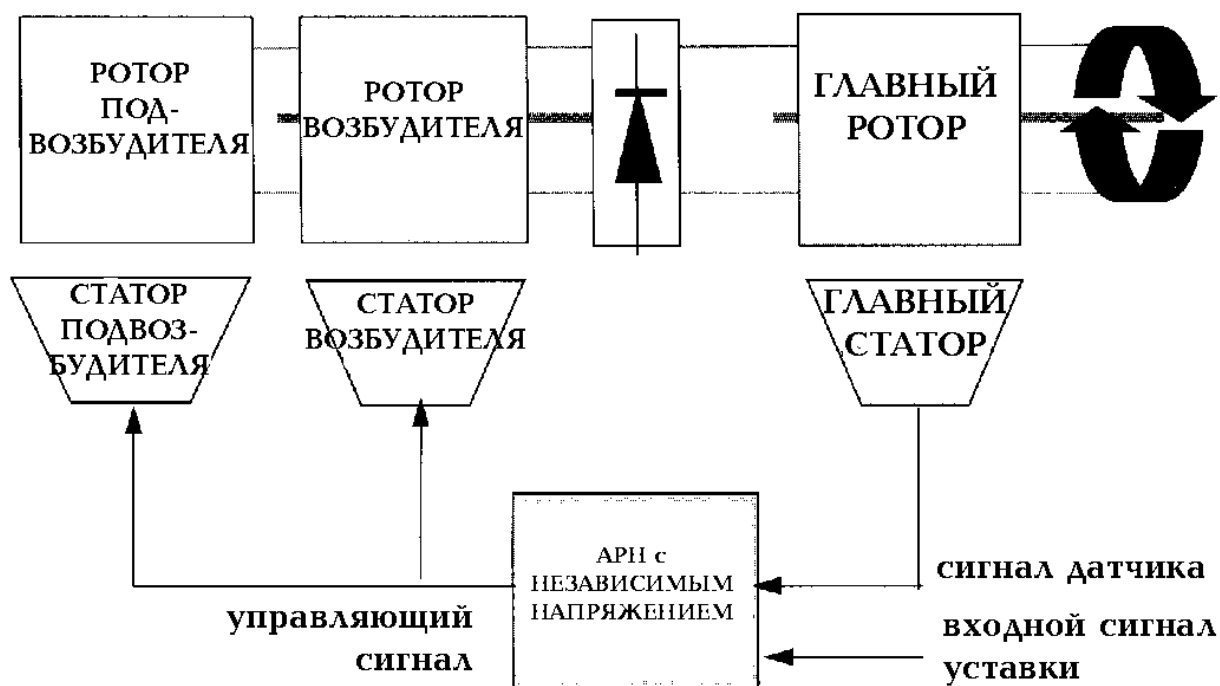
Наиболее существенная особенность данного типа возбуждения в том, что напряжение, используемое для возбуждения, пропорционально выходному напряжению генератора.



НЕЗАВИСИМОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ

Генераторы с независимым возбуждением имеют на роторном валу встроенный подвозбудитель на постоянных магнитах. Постоянные магниты индуцируют напряжение в схеме управления возбуждением. Оно используется АРН для управления напряжением возбуждения независимо от выходного напряжения генератора. Машины с независимым возбуждением имеют следующие особенности:

- **ГАРАНТИРОВАННОЕ ПОЯВЛЕНИЕ НАПЯЖЕНИЯ ПРИ ЗАПУСКЕ (ОТ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ)**
- **РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПЯЖЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ НЕ ЗАВИСИТ ОТ НАГРУЗКИ НА ГЕНЕРАТОР, ПОЭТОМУ РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПЯЖЕНИЯ ТАКЖЕ НЕ ЗАВИСИТ ОТ КОЛЕБАНИЙ ВЫХОДНОГО НАПЯЖЕНИЯ. ЭТА ОСОБЕННОСТЬ МАШИН С НЕЗАВИСИМЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ ПОЗВОЛЯЕТ ПОДДЕРЖИВАТЬ ИХ ВЫХОДНОЕ НАПЯЖЕНИЕ ПРИ ОЧЕНЬ ВЫСОКИХ НАГРУЗКАХ.**
- **МАШИНЫ С НЕЗАВИСИМЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ ДОРОЖЕ МАШИН С САМОВОЗБУЖДЕНИЕМ**



ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

Автоматические регуляторы напряжения классифицируются по следующим признакам:

- **СТАБИЛИЗАЦИЯ**

Это способность системы поддерживать выходное напряжение генератора на определенном «стабильном» уровне.

Коэффициент стабилизации определяется как:

НАПРЯЖЕНИЕ ХОЛОСТОГО ХОДА – НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ПОЛНОЙ НАГРУЗКЕ x 100%
НОМИНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Обычно допускается +1% от величины установившегося значения.

- **СТАБИЛЬНОСТЬ УСТАНОВИВШЕГОСЯ ЗНАЧЕНИЯ**

Это способность системы поддерживать стабилизацию на постоянном уровне.

Обычно стабильность установившегося значения поддерживает выходное напряжение генератора в пределах +1% от величины уставки.

- **ПЕРЕХОДНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ**

Это способность системы возвращаться к исходному значению выходного напряжения после переходного процесса.

- **МЕТОД СЧИТЫВАНИЯ**

Трехфазный АРН может работать на всех трех или на любой одной фазе выходного напряжения генератора. Наиболее сложные трехфазные АРН более дорогие, чем однофазные АРН, которые обычно используются в малых генераторах. Это существенно, чтобы разница между одно- и трехфазным считыванием осознавалась при выборе генератора для конкретной нагрузки.

ОДНОФАЗНОЕ СЧИТЫВАНИЕ

В этом случае АРН сравнивает напряжение одной фазы с выхода генератора с уставкой. Любое отличие считываемого напряжения от уставки напряжения изменяет напряжение возбуждения и, следовательно, компенсирует изменение выходного напряжения. Данный тип считывания нечувствителен к изменению выходного напряжения на двух других фазах. Некоторые фазы могут быть недо возбуждены, некоторые – перевозбуждены.

ТРЕХФАЗНОЕ СЧИТЫВАНИЕ

В этом случае АРН сравнивает напряжение всех трех фаз генератора с уставкой. Любое отличие считываемого напряжения от уставки напряжения изменяет напряжение возбуждения и, следовательно, компенсирует изменение выходного напряжения. Этот тип считывания чувствует изменение напряжения любой из трех фаз генератора.

- **ТЕПЛОВОЙ ДРЕЙФ**

Это способность системы поддерживать свои функциональные возможности неизменными при изменении температуры.

Обычно изменение окружающей температуры на 40°C должно вызывать изменение установившегося напряжения генератора не более чем на 1%.

- **ПАДЕНИЕ ЧАСТОТЫ**

АВР конструктивно позволяет напряжению генератора упасть при набросе нагрузки, близком к точке торможения. Обычно АРН поставляется с заданным падением частоты для работы в сетях 50 или 60 Гц. Падение частоты обычно на 3 – 5 Гц ниже номинальной рабочей частоты.

- **ВНЕШНЯЯ НАСТРОЙКА**

Конструкция АРН позволяет осуществлять настройку установившегося значения напряжения. Настройка обычно производится одним из двух способов:

- Вручную, с помощью подстроечного резистора на АРН.
- Дистанционно с блока деления нагрузки или устройства выравнивания напряжения. (ПРИМЕЧАНИЕ: Совместимость с АРН подключаемых внешних устройств должна быть перед подключением подтверждена производителем.)

- **УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Это способность АРН функционировать в заданных пределах условий окружающей среды. Обычно приводятся следующие характеристики:

- **РАБОЧАЯ ОКРУЖАЮЩАЯ ТЕМПЕРАТУРА**
- **ТЕМПЕРАТУРА ХРАНЕНИЯ**
- **ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ**
- **ВИБРАЦИЯ**

Для обеспечения работы АРН в тяжелых условиях, их обычно собирают на печатных платах, покрытых вибро- и влагозащитным компаундом. АРН часто монтируется на антивибрационных подушках для уменьшения механического воздействия вибраций, возникающих при пуске и остановке, на паянные соединения АРН.

- **ЗАЩИТА ПО ПОНИЖЕНИЮ ЧАСТОТЫ**

Защита по понижению частоты обычно имеется в большинстве АРН в качестве стандартной функции. Она отключает возбуждение в случае продолжительного понижения частоты, что бывает при длительной перегрузке генераторной установки, и двигатель замедляется или глохнет. При этом АРН будет пытаться поддерживать напряжение на выходе, однако при уменьшении скорости вращения генератора требуется больше тока возбуждения и в результате ток ротора может превысить допустимый уровень. Защита от понижения частоты защищает ротор от повреждений, которые могут произойти от увеличения величины тока.

- **ЗАЩИТА ДИОДОВ ЦЕПИ ВОЗБУЖДЕНИЯ**

Цепь возбуждения собирается из диодов и тиристоров, которые проводят ток только в одном направлении, для снабжения цепи возбуждения постоянным током. В случае внезапного изменения нагрузки в обмотке возбуждения путем обратной трансформации индуцируется напряжение, которое подается на диоды и тиристоры. Если это происходит в то время, когда диоды заперты, когда нет пути для отвода индуцированной энергии, то диоды могут выйти из строя. К тому же внезапный большой перепад или пик напряжения может быть передан в нагрузку, подключенную к генератору. Поэтому диоды и тиристоры в схеме АРН должны быть защищены подавителями выбросов, которые срезают пики напряжения, индуцированного в цепи возбуждения. Стандартные подавители устанавливаются на большинство генераторов, однако также могут быть установлены и более надежные подавители радиопомех.

КОНТРОЛЬНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

СПЕЦИФИКАЦИЯ

- РАБОЧЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ
- ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА
- ВЕЛИЧИНА ТОКА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ
- СОЕДИНЕНИЕ ФАЗ
- ЧАСТОТА
- СКОРОСТЬ
- ПОЛНАЯ МОЩНОСТЬ
- АКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ
- КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ
- КЛАСС ИЗОЛЯЦИИ
- СНИЖЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ (см. раздел 5)
- РЕЖИМ (см. раздел 5)
- СИСТЕМА ВОЗБУЖДЕНИЯ

ОПЦИИ

- ФИЛЬТР РАДИОПОМЕХ
- ТРЕХФАЗНЫЙ АРН
- АНТИКОНДЕНСАЦИОННЫЕ НАГРЕВАТЕЛИ
- БРЫЗГОЗАЩИТНЫЕ ЖАЛЮЗИ
- ВОЗДУШНЫЕ ФИЛЬТРЫ
- СТАНДАРТНЫЙ / СПЕЦИАЛЬНЫЙ УДЛИНИТЕЛЬ ВАЛА
- МУФТА ИЛИ ПЕРЕХОДНИК
- ВЫВОДЫ КОНЦОВ ОБМОТОК
- СПЕЦИАЛЬНАЯ АТТЕСТАЦИЯ
- ОФИЦИАЛЬНАЯ ИНСПЕКЦИЯ
- ОСОБОЕ КРЕПЛЕНИЕ ОСНОВАНИЯ
- ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ
- ЧАСТОТНАЯ ЗАЩИТА
- РЕГУЛЯТОР РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ
- БЛОК ЗАЩИТЫ ГЕНЕРАТОРА
- БЛОК ГАШЕНИЯ ПОЛЯ
- БЛОК ЗАЩИТЫ ДИОДОВ

Стр. 3-26

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Автоматический выключатель – это электромеханический выключатель, который может быть подключен к выходу генератора. Он представляет из себя автоматический отключающий механизм. При нормальных условиях он проводит ток и говорится, что он включен. При протекании тока, величина которого превышает установленный уровень, он автоматически «срабатывает» или «отключается» и разрывает электрическую цепь. **НОМИНАЛ** автоматического выключателя – это такой ток, который он может проводить в течении длительного времени.

Основное назначение автоматического выключателя генератора:

ЗАЩИТА ГЕНЕРАТОРА ОТ ПРОТЕКАНИЯ ТОКА, БОЛЬШЕГО ДОПУСТИМОГО, ЧТО МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К ПЕРЕГРЕВУ ИЗОЛЯЦИИ И СОКРАЩЕНИЮ СРОКА СЛУЖБЫ МАШИНЫ.

Увеличение тока выше допустимого значения может произойти в результате:

КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ФАЗЫ НА НЕЙТРАЛЬ

или

МЕЖДУФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Автоматический выключатель должен обеспечить, чтобы токи, определенные в кривых повреждений для генератора, протекали не дольше, чем определено в данных кривых.

Автоматические выключатели классифицируются по их номиналам и количеству полюсов. Выключатели имеют по одной отключающей системе на каждую фазу и, в качестве опции, для нейтрального провода, которые связаны между собой механически, т.е.

- **3-ПОЛЮСНЫЕ – все три фазы**
- **4-ПОЛЮСНЫЕ – все три фазы и нейтраль**

Дополнительно главный линейный выключатель обеспечивает выполнение следующих функций:

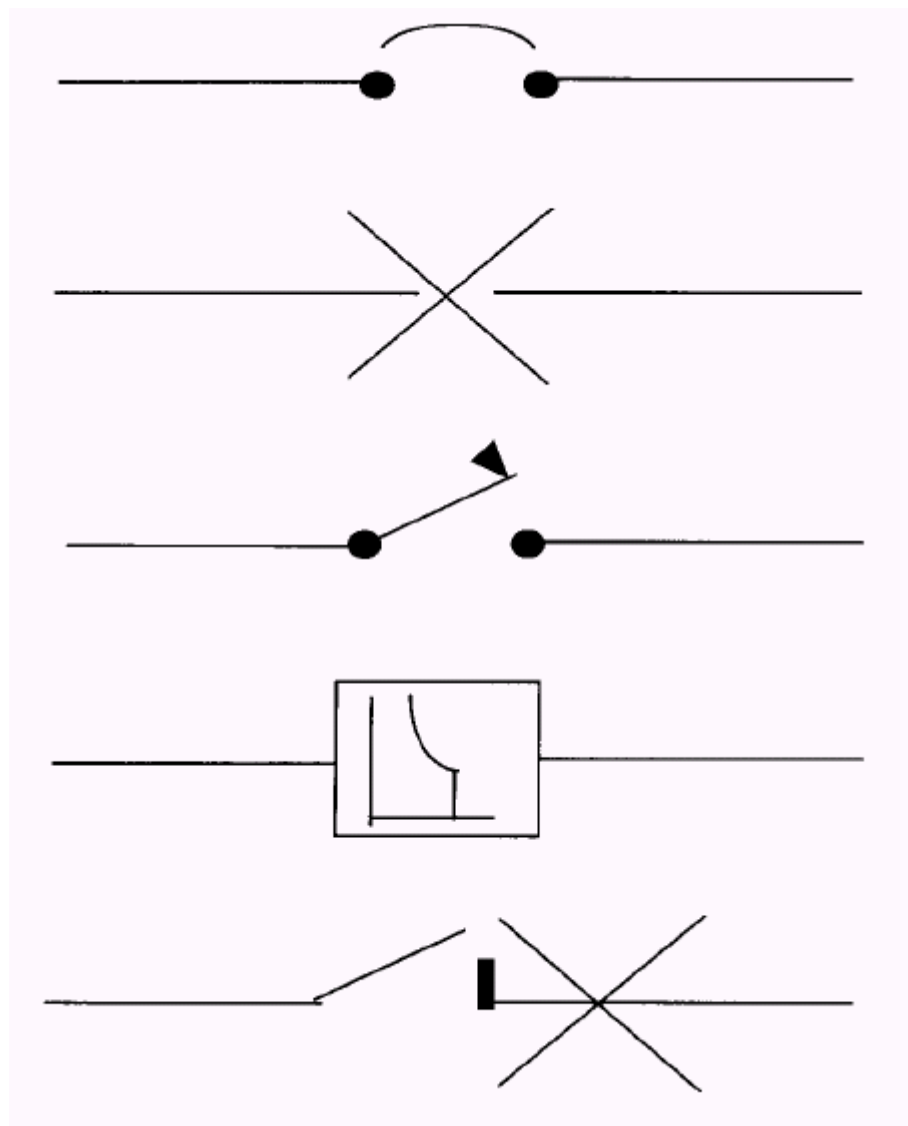
- **РАЗЛИЧАЕТ ДЛИТЕЛЬНЫЕ И ВРЕМЕННЫЕ КОРОТКИЕ ЗАМЫКАНИЯ, СРАБАТЫВАЕТ ПРИ ДЛИТЕЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ, И НЕ СРАБАТЫВАЕТ ПРИ ВРЕМЕННЫХ, КОТОРЫЕ МОГУТ БЫТЬ ОТКЛЮЧЕНЫ ПОСЛЕДУЮЩИМИ АППАРАТАМИ.**
- **ЗАЩИЩАЕТ ПИТАЮЩИЕ КАБЕЛЯ ГЕНЕРАТОРА В СЛУЧАЕ ПРОТЕКАНИЯ ТОКА, ПРЕВЫШАЮЩЕГО ДОПУСТИМЫЙ.**
- **ЯВЛЯЕТСЯ СРЕДСТВОМ ДЛЯ ИЗОЛИРОВАНИЯ ГЕНЕРАТОРА ОТ ВНЕШНЕГО ОБОРУДОВАНИЯ (АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЛИ РУЧНОГО).**

При работе генераторов в параллель, выключатели особенно необходимы для отключения одной работающей генераторной установки от другой, которая может не работать. Если бы такой возможности не было, работающая установка могла бы крутить неработающую. Это привело бы к повреждению двигателя и/или генератора на этой установке.

На практике для обозначения автоматических выключателей различные производители используют много различных символов.

Стр. 3-27

ОБОЗНАЧЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ



ВРЕМЯ ОТКЛЮЧЕНИЯ

Это время, которое требуется защитному аппарату – автоматическому выключателю – для отключения генераторной установки от нагрузки при наличии аварии. Различные величины токов требуют различного времени отключения. Например, генератор может выдержать ток перегрузки в 120% от номинального в течении гораздо более длительного времени без повреждения изоляции, чем в 300% от номинала.

Местное техническое законодательство устанавливает максимальное время отключения защитных аппаратов при коротких замыканиях или замыканиях на землю. На практике это зависит от:

- **ПОЛНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЕТЛИ ЗЕМЛЯ-ФАЗА УСТАНОВКИ**

Эта величина определяется путем вычисления сопротивления всех проводников в системе или измерением.

- **ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ ЗАЩИТНОГО АППАРАТА**

Срабатывание электромагнитных автоматических выключателей может быть настроено с точностью до 20%, в то время как электронные автоматические выключатели имеют точность срабатывания 1%.

ДЕЙСТВИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

Разрывании тока приводит к ионизации воздуха между двумя контактами автоматического выключателя, который вследствие этого начинает проводить электрический ток. В результате между контактами возникает электрическая дуга.

Возникновение дуги нежелательно, поэтому существует несколько способов увеличения сопротивления и вследствие этого рассеяние электрической дуги. Увеличение сопротивления среды между контактами – это первый способ уменьшения дуги. Также тип среды между контактами широко используется производителями выключателей для их классификации.

Термин **РАМА** используется в отношении выключателей для обозначения физического размера корпуса, в котором размещается механизм выключателя.

- **ВОЗДУШНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ**

Воздух используется как среда гашения дуги. Воздушные выключатели делятся на:

ВЫКЛЮЧАТЕЛИ В ЛИТОМ КОРПУСЕ

Это относительно недорогие выключатели, герметичные, предназначенные для легких режимов эксплуатации. Современные технологии позволяют производить такие выключатели на напряжения до 600 В и рабочие токи от 100 до 2500 А. При этом существуют малые однофазные выключатели на токи от 2 до 100 А. Малые воздушные выключатели являются аппаратами для работы в очень легких режимах и служат для защиты отходящих линий там, где могут применяться также и плавкие вставки.

ВОЗДУШНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ РАМЕ

Это выключатели, монтируемые на открытой раме, и предназначенные для тяжелых и тяжелейших режимов работы. Используются при напряжениях до 15 кВ и рабочих токах от 800 до 3200 А. Часто эти выключатели оборудованы **полупроводниковыми** защитами взамен тепловых и электромагнитных. **ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ** защиты имеют следующие особенности:

- **БОЛЕЕ ВЫСОКАЯ ПОВТОРЯЕМАЯ ТОЧНОСТЬ**
- **НАСТРАИВАЕМАЯ, ПРЕДСКАЗУЕМАЯ В УЗКОМ ДИАПАЗОНЕ ТОЧНОСТЬ**
- **ШИРОКИЙ ДИАПАЗОН УСТАВОК ПО ТОКУ**

- **МАСЛЯНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ**

В настоящее время маслonaполненные выключатели в значительной степени вытесняются вакуумными выключателями. Масло используется в качестве среды дугогашения. Масло должно периодически заменяться и является опасным в определенных случаях.

- **ВАКУУМНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ**

Изоляционные свойства вакуума делают его великолепным дугогасителем в высоковольтных установках.

- **СЕРНО-ГЕКСАФТОРИДНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ**

Гексафторид серы, находящийся под давлением, является прекрасным изолятором средой дугогашения для высоковольтных установок.

ВЫКЛЮЧАТЕЛИ В ЛИТОМ КОРПУСЕ

Для защиты генераторных установок обычно используются выключатели в литом корпусе. Они выпускаются на токи от 100 до 2500 А. Литой корпус выключателя герметичен и выключатель не требует обслуживания. Такой выключатель является недорогим защитным аппаратом и не предназначен для повторного отключения токов короткого замыкания (от 20000 до 50000 переходных циклов). Поскольку токи коротких замыканий в генераторных установках протекают в исключительных случаях и не являются нормальными, выключатели в литом корпусе широко применяются в большинстве обычных генераторных установок до токов 1000 А, при больших токах часто используются воздушные выключатели.

ДЕЙСТВИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ В ЛИТОМ КОРПУСЕ

Автоматический выключатель в литом корпусе определяет и отключает аварийный ток с помощью тепловой и электромагнитной защиты.

• ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ЗАЩИТА

НАЗНАЧЕНИЕ

Характеристика элемента электромагнитной защиты обеспечивает мгновенное срабатывание в случае близкого короткого замыкания, которое может привести к повреждению генератора.

УСТРОЙСТВО

Элемент электромагнитной защиты представляет из себя электромагнитный соленоид, который срабатывает от тока, протекающего через выключатель.

ВРЕМЯ СРАБАТЫВАНИЯ

В этой защите время задержки **не предусматривается**, хотя физически процесс отключения занимает около 16 мс.

НАСТРОЙКА

Настраиваемым является уровень тока при мгновенном срабатывании, диапазон настройки может быть разным в зависимости от производителя, в пределах 2 - 5 кратный ток от номинального для защиты “G” типа и 4 – 10 кратный – для защиты “D” типа.

• ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА

НАЗНАЧЕНИЕ

Характеристика элемента тепловой защиты обеспечивает временную задержку срабатывания, обратно пропорциональную величине тока срабатывания, который в случае длительного протекания может повредить генератор.

УСТРОЙСТВО

Элемент тепловой защиты представляет из себя биметаллическую пластинку, которая деформируется под действием эффекта нагрева при длительном протекании тока.

ВРЕМЯ СРАБАТЫВАНИЯ

Тепловая защита срабатывает не мгновенно, а с выдержкой времени, пропорциональной величине протекающего тока, который превышает номинальный для данного выключателя.

НАСТРОЙКА

Тепловые защиты калибруются производителями выключателей, обычно обеспечивается 40% диапазон регулирования. Тепловые защиты часто поставляются в виде заменяемых модулей, которые подходят к целому ряду различных типоразмеров выключателей.

Стр. 3-31

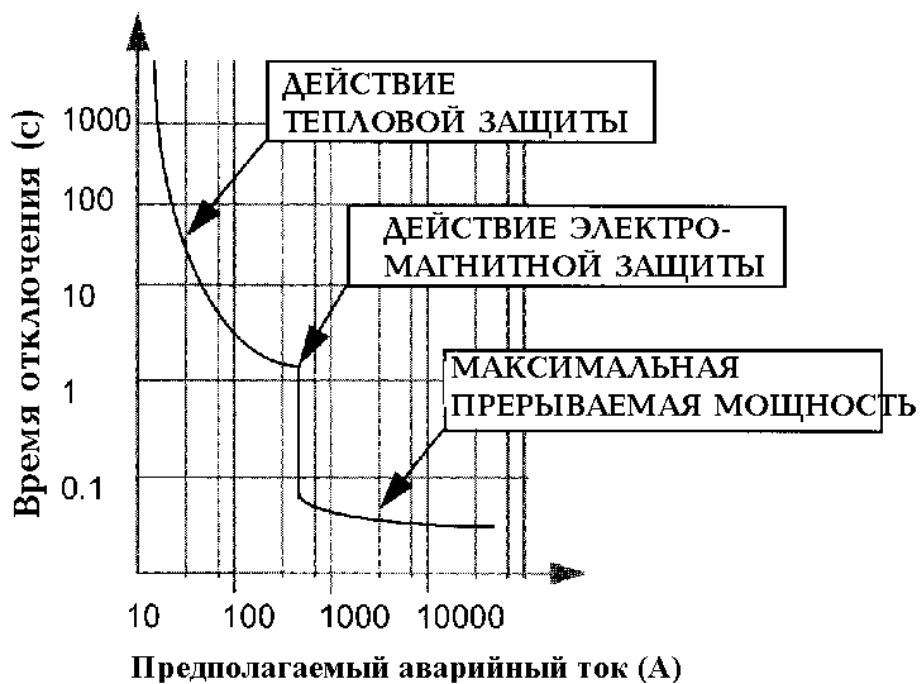


ДИАГРАММА СРАБАТЫВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ В ЛИТОМ КОРПУСЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЗАЩИТЫ



ДИАГРАММА СРАБАТЫВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ В ЛИТОМ КОРПУСЕ И КРИВАЯ ПОВРЕЖДЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА

Кроме того, автоматические выключатели в литом корпусе предназначены для выполнения следующих функций:

- **РУЧНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ**

НАЗНАЧЕНИЕ

Обеспечивает ручное отключение нагрузки генератора. Используется при испытаниях генераторных агрегатов или в качестве выключателя нагрузки в некоторых простых установках.

УСТРОЙСТВО

Автоматический выключатель, как правило, имеет выступающий из корпуса рычаг отключения. С его помощью можно отключить выключатель. Однако, если физически удерживать рычаг при протекании тока, превышающего ток уставки, выключатель все равно отключится.

ВРЕМЯ СРАБАТЫВАНИЯ

Вне зависимости от скорости оперирования вручную, механизм устроен таким образом, что отключение происходит за фиксированный промежуток времени, т.е. за время срабатывания мгновенной электромагнитной защиты.

- **РАСЦЕПИТЕЛЬ С ШУНТОВОЙ КАТУШКОЙ**

НАЗНАЧЕНИЕ

Модульный расцепитель, который может быть приведен в действие системой управления энергоснабжением. Расцепитель с шунтовой катушкой отключает выключатель при подаче питания на шунтовую катушку. Он используется в качестве защитной системы в случае других видов аварий, когда желательно изолировать генераторную установку, например от подачи обратного напряжения.

УСТРОЙСТВО

Это электрически изолированный отдельный соленоид, который действует на механизм расцепления.

ВРЕМЯ СРАБАТЫВАНИЯ

Расцепитель отключает выключатель за время срабатывания электромагнитного механизма, т.е. за время порядка нескольких миллисекунд.

- **ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ С ПРИВОДОМ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В ПАРАЛЛЕЛЬНУЮ РАБОТУ**

НАЗНАЧЕНИЕ

Привод (обычно постоянного тока) поставляется производителем выключателя. Этот привод должен подходить к выключателю. Он обеспечивает включение и отключение выключателя путем подачи питания на привод (в отличие от расцепителя с шунтовой катушкой, который отключает выключатель при возникновении аварии). Выключатель с электроприводом может быть использован для включения оборудования в параллельную работу, выключатель с электроприводом – основная особенность любой системы параллельной работы.

УСТРОЙСТВО

Привода автоматических выключателей в литом корпусе устанавливаются либо спереди, либо сбоку выключателя. Весь аппарат больше, чем выключатель без привода, или корпус, предназначенный для ручного выключателя, поэтому часто требуется модификация или устройство дополнительного кожуха для размещения выключателя, снабженного приводом.

ФИЗИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ В ЛИТОМ КОРПУСЕ, УСТАНОВКА И ПОДКЛЮЧЕНИЕ

С увеличением номинального тока и разрываемой мощности увеличиваются и физические размеры выключателей. В настоящее время выпускаются выключатели в литом корпусе на токи до 1000 А, которые могут быть установлены в распределительном щитке генератора. Это делается из соображений экономии, вибрация едва ли вызовет серьезные проблемы, однако при токах около 630 А выключатель обычно размещается отдельно от генератора для обеспечения дополнительной изоляции от вибрации.

При токах, больших 1000 А, выключатель должен быть больше и тяжелее, чем выключатели в литом корпусе. Выключатели такого типа обычно размещаются в отдельном помещении.

С увеличением номинального тока автоматического выключателя увеличивается и диаметр соединительного кабеля. Обычно используется двойной соединительный кабель, который использует по две жилы на фазу, взамен одной большего сечения, и часто значительно более дорогой. Использование более чем одной жилы на фазу увеличивает площадь клеммы выключателя, которая необходима для подключения кабельных наконечников. Кроме того, по мере увеличения числа соединительных кабелей увеличивается и количество уплотнений, и величина кабельных каналов.

Бывает полезно предварительно узнать у заказчика, каким образом он думает прокладывать соединительные кабели, поскольку это может определяющим образом влиять на размещение главного выключателя установки.

Использование кабеля, армированного стальной проволокой, делает необходимым использование между выключателем, установленным на генераторной установке, и кабелем, промежуточной кабельной коробки. Армированный кабель – жесткий, и должен быть проложен или в специальных гнездах, или в закрепленных кабельных каналах. Кабели этого типа должны быть оконцованы рядом с генераторной установкой, а для подключения к вибрационно изолированному от агрегата выключателю используются гибкие кабели. Пренебрежение данным правилом при использовании армированных стальной оплеткой кабелей почти всегда приводит к разбалтыванию крепления кабеля на генераторной установке, что может привести к повреждению кабеля, а возможно и к пожару.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Большинство стандартных спецификаций генераторных установок включают в себя выключатель как часть комплекта поставки. При этом выключатель подходит к большинству применений генераторной установки и обычно имеет номинальные характеристики для работы установки в качестве резервного источника электроэнергии. При выборе выключателя во внимание должны приниматься следующие характеристики:

НОМИНАЛЬНЫЙ ТОК

Это продолжительный ток, который выключатель может выдерживать сколь угодно долгое время. Например, пока генератор работает с полной нагрузкой.

ОТКЛЮЧАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ

Это максимальная величина тока, который выключатель способен отключить. Например, это может быть 40-кратный ток отсечки (ток, при котором срабатывает электромагнитная защита). Требуемая отключающая способность должна быть рассчитана для худшего случая трехфазного короткого замыкания в цепи нагрузки.

ОКРУЖАЮЩАЯ ТЕМПЕРАТУРА

Выключатели обычно рассчитываются на температуру до 40°C. Поскольку действие защиты связано с термическим процессом, очень важно принимать во внимание окружающие температурные условия и влияние наличия кожуха на рабочую температуру выключателя.

ДЛИТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Выключатель должен выдерживать полную нагрузку сколь угодно долго.

ТОК ПОЛНОЙ НАГРУЗКИ

Ток полной нагрузки (FLC) может быть рассчитан для данной системы с помощью следующих соотношений:

$$FLC = (1000(\text{МОЩНОСТЬ В кВт})) / (1,73 \times \text{ФАЗНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ} \times \text{КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ})$$

или

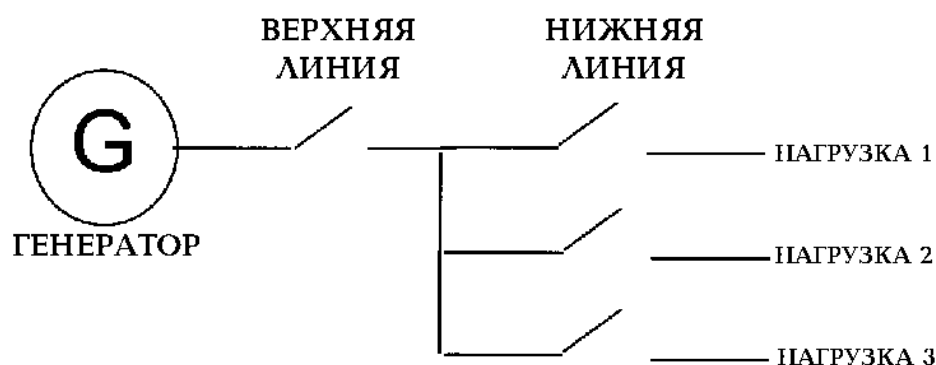
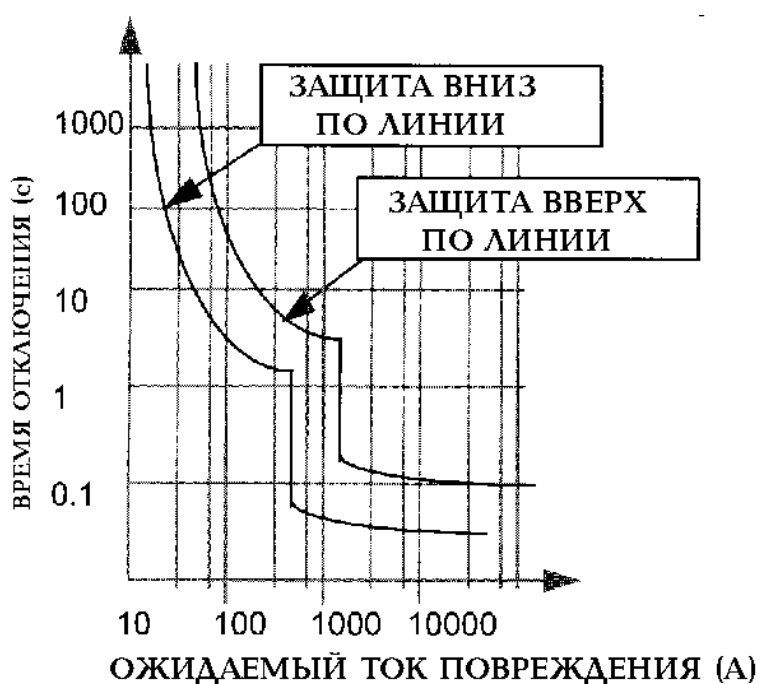
$$FLC = (1000(\text{МОЩНОСТЬ В кВА})) / (1,73 \times \text{ФАЗНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ})$$

СЕЛЕКТИВНОСТЬ И СОГЛАСОВАННОСТЬ

В электрических распределительных системах с одним источником электроэнергии (генераторной установкой), питающей множество потребителей, важно обеспечить, чтобы одиночное короткое замыкание в малой нагрузке, подключенной к одной из ветвей, с током в несколько ампер, не привело к отключению всей системы. Особенно в резервных генераторных системах, которые должны обеспечивать электропитанием важные нагрузки, выключатели и системы предохранителей должны быть устроены таким образом, чтобы отключить поврежденную нагрузку и позволить остальной сети работать в нормальном режиме.

Термин **СЕЛЕКТИВНОСТЬ** (или селективное срабатывание) в применении к электрическим системам используют для описания системы со ступенчатой организацией защитных устройств, которые действуют на отключение поврежденного участка от остальной цепи.

Термин **СОГЛАСОВАННОСТЬ** в применении к электрическим системам используют для описания устройства селективных защитных устройств.



КОЖУХИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Кожухи выключателей предназначены для предотвращения прикосновения персонала к находящимся под напряжением выводам, для ограждения электрической дуги или при наружной установке для защиты от воздействия природных факторов.

Кожухи выключателей для защиты генераторных установок обычно предназначены либо для установки на агрегаты, либо настенного исполнения, либо напольного. Кожухи напольного или настенного исполнения требуют наличия соединительных кабелей между генератором и выключателем, так как устанавливаются на значительном расстоянии от генераторной установки. Это расстояние должно быть сведено к минимальному (не более 3 м) и сечение соединительных кабелей должно соответствовать номиналу выключателя.

Воздействие кожуха на должно учитываться при выборе номинала выключателя. Срабатывание термозлемента должно быть пересчитано с учетом увеличения окружающей температуры. Из этого следует, что чем лучше закрыт выключатель, и, следовательно, чем хуже вентиляция, тем меньше реальный ток срабатывания.

Учет воздействия кожуха должен быть включен в разработку генераторной установки, и несмотря на это, при работе с полной нагрузкой при повышенной окружающей температуре (выше 40°C) очень важно учитывать действие повышенной температуры, во избежание ложного срабатывания выключателя.

Степень защищенности, обеспечиваемая кожухом выключателя, определяется как класс защиты (IP) и описывается в BS5420 (IEC144).

Для внутренней установки в качестве стандартного принимается класс защиты IP33, который обеспечивает защиту:

- от проникновения инородных тел диаметром до 2,5 мм
- от прикосновения пальцами к внутренним частям
- от вертикально падающих капель

Для внутренней установки в качестве дополнительного принимается класс защиты IP55, который обеспечивает защиту:

- от осадения пыли, которая может препятствовать нормальной работе
- от прикосновения пальцами к внутренним частям
- от струй воды с разных направлений

ОПРОСНЫЙ ЛИСТ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

- **КРАТНОСТЬ ТОКА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В НАГРУЗКЕ К НОМИНАЛЬНОМУ ТОКУ**
- **ВРЕМЯ ОТКЛЮЧЕНИЯ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ**
- **УМЕНЬШЕНИЕ НОМИНАЛА ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ**
- **ЧИСЛО ПОЛЮСОВ**
- **ТИП КОЖУХА (МОНТИРУЕМЫЙ НА АГРЕГАТЕ ИЛИ ОТДЕЛЬНО СТОЯЩИЙ)**
- **КЛАСС ЗАЩИТЫ КОЖУХА**
- **КОЛИЧЕСТВО СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ НА ОДНУ ФАЗУ У ЗАКАЗЧИКА И РАЗМЕР КАБЕЛЬНЫХ НАКОНЕЧНИКОВ**
- **УСТРОЙСТВО ОКОНЦОВКИ КАБЕЛЯ, АРМИРОВАННОГО СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКОЙ**
- **ПРОСТРАНСТВО, ТРЕБУЕМОЕ ДЛЯ КАБЕЛЕЙ НАГРУЗКИ ЗАКАЗЧИКА**
- **РАДИУС ИЗГИБА КАБЕЛЕЙ ЗАКАЗЧИКА У ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ**

ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Под заземлением проводника подразумевается присоединение проводника к земле (земля является проводником электричества). Целью этого является:

- **УМЕНЬШЕНИЕ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ЖИЗНИ**
- **СТАБИЛИЗАЦИЯ НАПЯЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ПО ОТНОШЕНИЮ К ЗЕМЛЕ**
- **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОГО, ЧТО НАПЯЖЕНИЕ МЕЖДУ ЛЮБОЙ ФАЗОЙ И ЗЕМЛЕЙ НЕ ПРЕВЫСИТ В НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ФАЗНОГО НАПЯЖЕНИЯ СИСТЕМЫ**
- **ПРИВЯЗКА НУЛЕВОЙ ТОЧКИ ТАКИМ ОБРАЗОМ, ЧТО ЕЕ ПОТЕНЦИАЛ НЕ БУДЕТ КОЛЕБАТЬСЯ**
- **ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ЗАЩИТЫ ОТ ТОКА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ МЕЖДУ ЛЮБОЙ ФАЗОЙ И ЗЕМЛЕЙ**

ЗАЗЕМЛЕНИЕ ОТДЕЛЬНОЙ НИЗКОВОЛЬТНОЙ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Обычно в низковольтных установках (с напряжением ниже 600 В) нулевой проводник присоединяется прямо к земле. Обычно это осуществляется соединением нулевой точки генератора и рамы генератора (или иногда в панели управления или в распределительном шкафу) при помощи кабеля или медной шины. В свою очередь рама генератора должна быть присоединена к земле через **заземляющие проводники** к контуру заземления объекта в соответствии с местными инструкциями. На практике сопротивление между нейтралью и землей должно быть менее 1 Ома в почвах с хорошей проводимостью, и менее 5 Ом в высоко резистивных почвах (абсолютный максимум равен 20 Омам).

Соединение между нейтралью и землей может быть снабжено контрольным прибором для обнаружения тока, протекающего между землей и нейтралью. Ток будет протекать только в случае короткого замыкания одной из фаз на землю. Длительное прямое короткое замыкание на землю создает для генератора почти бесконечную нагрузку и приводит к выгоранию обмоток.

ЗАЗЕМЛЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Заземление многогенераторных систем должно всегда выполняться в соответствии с рекомендациями производителя и с местными инструкциями. Всегда консультируйтесь с разработчиком систем.

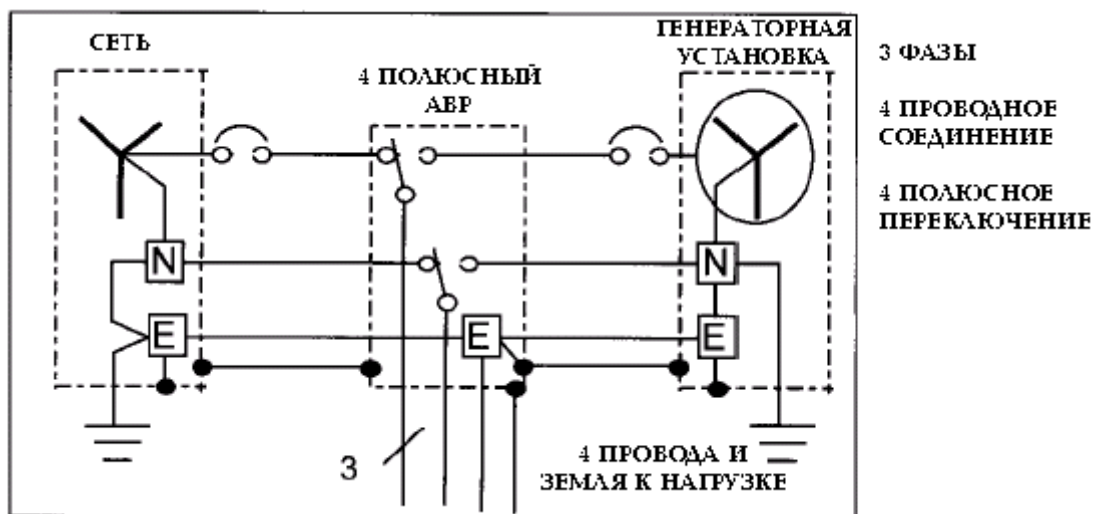
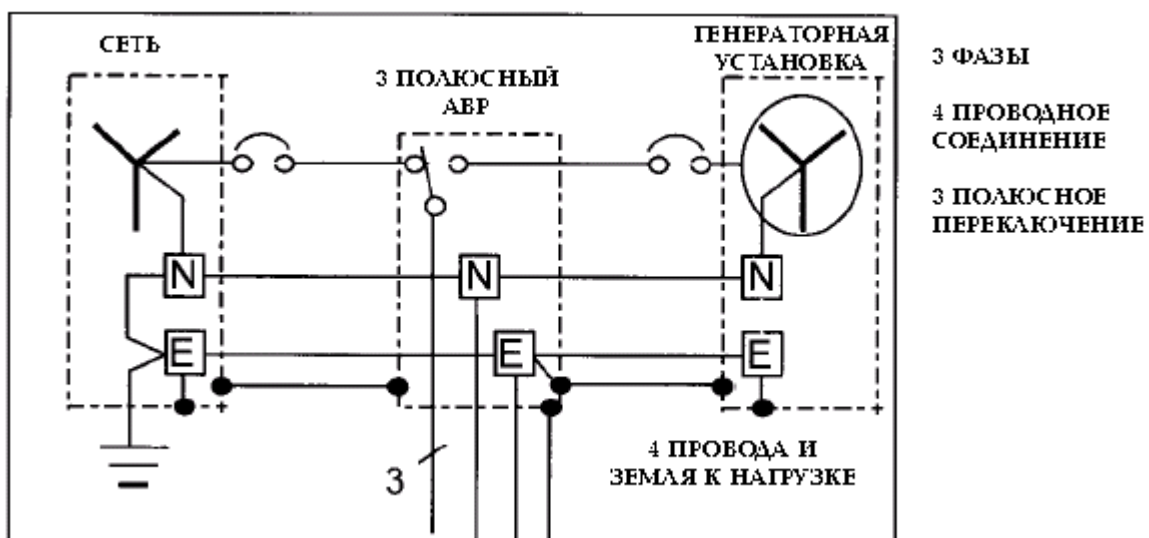
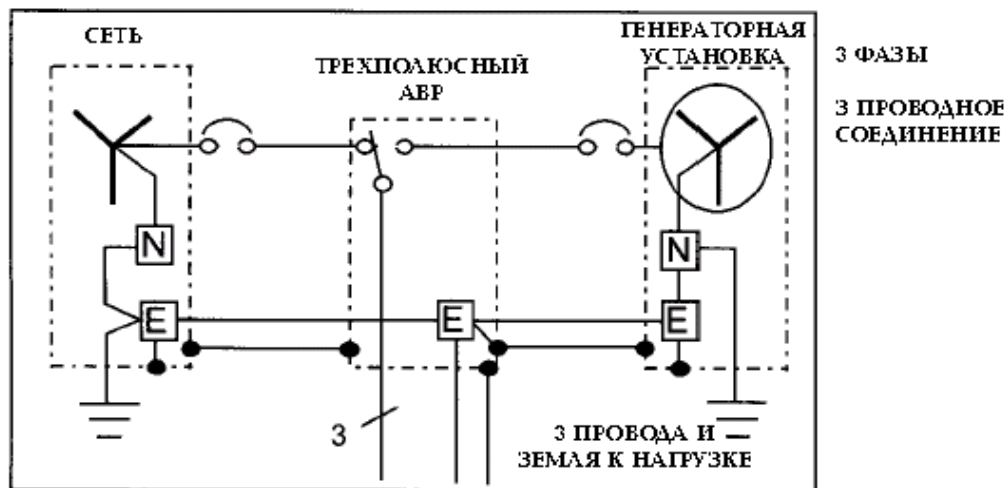
ЗАЗЕМЛЕНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

В высоковольтных системах ток, который возникает в результате замыкания фазы на землю, во много раз больше, чем в низковольтных системах. Для ограничения его до величины, подходящей для трансформаторов тока и селективности защиты, в высоковольтных системах часто применяется сопротивление, которое включается между нейтралью и контуром заземления. Спецификация и ввод в работу высоковольтных систем должны быть всегда согласованы с разработчиком.

Стр. 3-39

ТИПОВЫЕ СХЕМЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Резервная генераторная установка с 3-х и 4-х полюсным автоматическим вводом резерва (АВР). N означает нейтраль, E означает земля.



Стр. 3-40

СХЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ

Схемы защиты от замыкания на землю для генераторных систем предназначены для защиты генератора. Иногда под защитой от замыканий на землю подразумевают защиту персонала и защитные схемы. **ЕСЛИ НЕ УКАЗЫВАЕТСЯ ИНОЕ, ЗАЩИТА ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ ЗАЩИТЫ МАШИНЫ. ВСЕГДА ВЫЯСНЯЙТЕ, ТРЕБУЕТСЯ ЛИ ЗАЩИТА ОПЕРАТОРА.**

Схемы защиты от замыканий на землю для генераторных установок делятся на две главные категории:

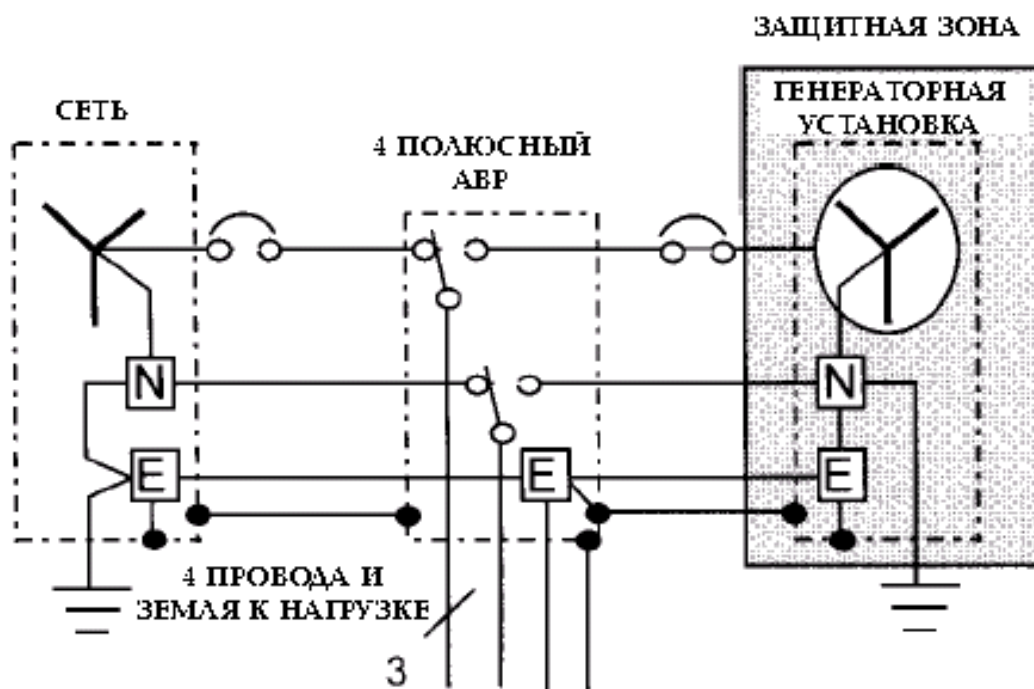
ОГРАНИЧЕННЫЕ

Ограниченные защиты от замыкания на землю защищают только одну **ЗАЩИЩАЕМУЮ ЗОНУ**. Ограниченная защита от замыкания на землю должна использоваться в генераторных установках только для отключения в случае замыкания на землю генераторной установки в **ЗАЩИЩАЕМОЙ ЗОНЕ**, а не в нагрузке. В этом случае возможно установить больше систем, которые будут срабатывать селективно в случае замыканий на землю в нагрузке.

НЕОГРАНИЧЕННЫЕ

Неограниченная защита от замыкания на землю относится ко всем присоединенным нагрузкам вниз по линии электроснабжения. **ЗАЩИЩАЕМАЯ ЗОНА** включает в себя все нагрузки, подключенные к генераторной установке, и саму установку.

Для защиты оператора применяется неограниченная защита. Защита срабатывает когда в проводе заземления протекает ток 30 мА.





ОПРОСНЫЙ ЛИСТ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

- **НИЗКОВОЛЬТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ**
- **ТОСКА ПОДКЛЮЧЕНИЯ ЗАЗЕМЛИТЕЛЯ**
- **ТОК УТЕЧКИ НА ЗЕМЛЮ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ СРАБАТЫВАНИЯ СХЕМЫ ЗАЩИТЫ**
- **ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ИЛИ МНОГОГЕНЕРАТОРНЫЕ СИСТЕМЫ – ОБРАТИТЕСЬ К РАЗРАБОТЧИКУ**

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВВОД РЕЗЕРВА (АВР)

Термин **АВР** или **АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВВОД РЕЗЕРВА** обычно связан с коммутационным устройством резервных генераторных установок, которое срабатывает при пропадании напряжения стационарной электрической сети.

Целью устройства автоматического ввода резерва является:

- **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПАДАНИЯ НАПЯЖЕНИЯ СЕТИ**
- **АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПЕРЕВОД НАГРУЗКИ СЕТИ НА РЕЗЕРВНУЮ СИСТЕМУ И ОБРАТНО**

АВР состоит из силового коммутационного устройства и схемы управления. Схема управления иногда входит в состав системы управления генераторной установки, иногда, в больших системах, в состав централизованной схемы управления.

АВР обычно размещается в отдельных настенных или напольных шкафах. В больших установках АВР может размещаться в распределительном устройстве, поскольку генератор может иметь свое собственное помещение. Желательно размещать АВР по возможности ближе к нагрузке, чтобы минимизировать длину кабеля от каждого источника питания.

СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИМ ВВОДОМ РЕЗЕРВА

В некоторых европейских спецификациях схемы управления автоматическим вводом резерва могут располагаться на генераторной установке, в других, особенно которые предназначены для США, могут быть встроены различные процессоры (таймеры). Схемы управления автоматическим вводом резерва выполняют три функции:

ПРОПАДАНИЕ СЕТИ

Для определения пропадания сети схема управления должна сравнить напряжение питающей сети с заданным минимальным уровнем. При понижении напряжения сети ниже минимального уровня включается таймер. Таймер обеспечивает задержку около 5 секунд перед тем, как схема АВР запустит генераторную установку. Назначение этого **ТАЙМЕРА ПРОПАДАНИЯ НАПЯЖЕНИЯ** в том, чтобы не допустить ненужных запусков генераторной установки при кратковременных просадках напряжения сети. По истечении времени задержки таймера пропадания напряжения, схема управления дает сигнал на запуск генераторной установки.

Стартер генераторной установки часто управляется схемой АВР. Она будет включать и останавливать стартерный двигатель через равные промежутки времени, пока не появятся данные о выходе генераторной установки на номинальные параметры работы (напряжение генератора, датчик скорости маховика). Если машина не запустится после определенного количества попыток, будет выдан сигнал отказ пуска.

Как только машина выйдет на номинальные параметры скорости и напряжения, выключатель нагрузки включится.

ПЕРЕВОД ПИТАНИЯ ОБРАТНО НА СЕТЬ

Пока резервный генератор работает и обеспечивает питание нагрузки, напряжение питающей сети может восстановиться. Однако может быть неоднократное кратковременное появление напряжения сети с последующим отключением. **ТАЙМЕР ВОЗВРАТА СЕТИ** включается при этом каждый раз, и возвращается при пропадании напряжения сети. Выдержка времени таймера возврата сети обычно устанавливается около 3 – 5 минут, следовательно, напряжение сети должно быть непрерывным в течении этого времени, прежде чем схема АВР переведет нагрузку на питание от сети.

Стр. 3-43

РАБОТА АГРЕГАТА НА ХОЛОСТОМ ХОДУ ПЕРЕД ОСТАНОВКОЙ

После того, как схема АВР переведет питание нагрузки на сеть, генераторная установка **РАБОТАЕТ НА ХОЛОСТОМ ХОДУ** в течение времени, необходимого для охлаждения, перед тем, как схема АВР даст сигнал на остановку. Если сеть снова отключится в течение этого периода, АВР мгновенно переключит нагрузку на генератор.

Кроме этих функций, обычно в системах автоматического резервирования пропадания сети схемы АВР имеют таймер проверки готовности машины.

ТАЙМЕР ПРОВЕРКИ ГОТОВНОСТИ МАШИНЫ

Таймер проверки готовности машины автоматически запускает генераторную установку через определенные равные промежутки времени, при этом схема АВР не переводит нагрузку с сети на агрегат.

Очень важно выяснить наиболее подходящее размещение для схемы управления АВР в каждой установке. Особенности конкретного генераторного агрегата или схемы АВР могут продиктовать необходимость их размещение на большом удалении друг от друга. Однако надо убедиться в наличии подходящего местного источника питания для схемы управления АВР. Питание схемы управления АВР не является проблемой когда генераторная установка расположена близко к блоку АВР и ее батареи доступны.

В случае, если блок АВР расположен более чем в 20 метрах от генераторной установки, не рекомендуется использовать питающие кабели такой длины, поскольку падение напряжения в этих кабелях может привести к проблемам в работе схемы автоматического пуска. В этих случаях может помочь релейная схема.

В удаленных системах АВР может быть соблазнительно расположить заряжаемые батареи внутри шкафа АВР или рядом с ним. Это не рекомендуется, так как в этом случае зарядный ток батарей будет вынужден преодолевать сопротивление соединительных проводов между зарядным устройством и батареей, и следовательно, зарядное устройство не будет чувствовать истинное напряжение на клеммах батареи.

Таким образом, близкое расположение блока АВР и генераторной установки является наиболее предпочтительной схемой для общего управления генераторной установкой.

СТАНДАРТЫ АВР

Для продаж в Северной Америке устройство АВР должно быть одобрено UL. АВР перечислены в Стандарте Лаборатории по Технике Безопасности UL 1008. Сертификация в UL повышает стоимость устройства АВР и не является необходимой для продаж в Европе. АВР для продаж в Европе должно соответствовать всем местным нормам и международным стандартам IEC-947-4 AC1, IEC158-1, VDE0106, BS4794. Обычно они выпускаются на стандартные номинальные токи от 30 А до 4000 А на напряжения ниже 600В.

СИЛОВОЙ КОММУТИРУЮЩИЙ ЭЛЕМЕНТ АВР

В качестве силовых коммутирующих элементов АВР используются трех- или четырехполюсные коммутирующие механизмы (линейные выключатели) и переключающие контакторные пары. Они используют такой же принцип отключения тока, что и автоматические выключатели. Многие системы АВР на токи до 1250 А включают в себя два механически или электрически связанных контактора. В системах с номинальными токами выше 1250 А становится экономически оправданным включить элемент прерывания цепи в контактор генератора, и теперь это широко доступно в системах на токи выше 1250 А.

ВЫБОР АВР

Для правильного выбора системы автоматического ввода резерва для каждого конкретного случая необходимо принимать во внимание каждую из следующих характеристик **АВР**:

НАПРЯЖЕНИЕ

Рабочее напряжение АВР должно быть выше, чем напряжение цепи.

ЧАСТОТА

Рабочая частота АВР должна быть равна рабочей частоте цепи.

ЧИСЛО ФАЗ

В основном системы АВР предлагаются в трехфазном варианте.

ЧИСЛО КАБЕЛЕЙ НА ФАЗУ

Каждая фаза может иметь больше одного кабеля для того, чтобы выдержать полную нагрузку. Важно убедиться, что силовой коммутирующий элемент имеет выводы, подходящие для подключения всех кабелей, используемых для питания нагрузки. Например, там, где может быть по два кабеля на фазу, необходимо иметь выводы на коммутирующем механизме, подходящие для подключения двух кабелей на фазу.

Необходимо также знать ширину кабельного наконечника и диаметр отверстия под болт для определения требуемых размеров выводов. Большинство производителей предлагают ряд комплектов выводных клемм, которые могут быть модифицированы для стандартных концевых приспособлений. Всегда следуйте нормативным и заводским рекомендациям по оконцовке кабелей. Существуют минимальные безопасные расстояния для неизолированных проводников.

Стр. 3-45

ТИП НАГРУЗКИ

Особое внимание должно быть уделено подключению электромоторов в качестве нагрузки. Например:

- **ДВИГАТЕЛЕЙ**
- **ВЫСОКО ИНЕРЦИОННЫХ НАГРУЗОК**
- **ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ**
- **ХОЛОДИЛЬНИКОВ**

Из-за просадки по напряжению характеристики возбудителя при внезапном изменении протекающего тока, напряжение на выводах двигателя на время уменьшится. По этой причине необходимо ввести задержку по времени на работу схемы АВР при подаче напряжения на двигатели. Это обычно реализуется таймером в схеме управления АВР, который в отсутствии электродвигателей в качестве нагрузки устанавливается на мгновенное срабатывание.

ДОПУСТИМЫЙ АВАРИЙНЫЙ ТОК

При худшем случае трехфазного короткого замыкания ток для данной нагрузки не должен повредить устройство АВР до того, как сработает защита по перегрузке или замыканию на землю.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНЫЙ НОМИНАЛЬНЫЙ ТОК

Контакты и механизмы АВР классифицируются по их продолжительным номинальным токам.

ЧИСЛО КОММУТИРУЕМЫХ ПОЛЮСОВ

Защита от замыканий на землю электрических систем, питание которых осуществляется от более чем одного источника, т.е. нагрузка питается или от сети|, или от генераторной установки, требует особого рассмотрения. Проблема может появиться из-за того, что обычно требуется заземлять по месту нулевой проводник генераторной установки, что является причиной создания множественных соединений между нейтралью и землей. Если система спроектирована неправильно, множественные соединения между нейтралью и землей могут вызвать неверное считывание токов замыкания на землю и ложное срабатывание выключателя. Одним из решений этой проблемы является использование четырехполюсного АВР, в котором нулевой проводник отключается, чтобы обеспечить его изоляцию в случае замыкания на землю.

КАБЕЛЬНЫЙ ВВОД

С ростом номинала прокладка кабеля становится все более трудной. Важно правильно выбрать кабельный ввод внутрь шкафа АВР для данного типа кабеля, угол входа для него и точку присоединения внутри шкафа.

ТЕМПЕРАТУРА

Для продолжительного режима работы устройства АВР принимается приблизительно 40°C, при превышении этой температуры характеристика максимального тока должна быть снижена.

ОПРОСНЫЙ ЛИСТ АВР

- **НАПРЯЖЕНИЕ**
- **ЧАСТОТА**
- **ЧИСЛО ФАЗ**
- **ЧИСЛО КАБЕЛЕЙ ЗАКАЗЧИКА НА ОДНУ ФАЗУ**
- **РАЗМЕЩЕНИЕ УСТРОЙСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРОПАДАНИЯ ПИТАНИЯ И ТАЙМЕРОВ АВР**
- **НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАНИЯ СХЕМЫ АВР**
- **ВЫДЕРЖКА ВРЕМЕНИ ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ ИНДУКТИВНОЙ НАГРУЗКИ**
- **КРАТНОСТЬ ТОКА ПЕРЕГРУЗКИ АВР / НОМИНАЛЬНЫЙ ТОК КОНТАКТОРНОЙ ПАРЫ**
- **ЧИСЛО КОММУТИРУЕМЫХ ПОЛЮСОВ**
- **СНИЖЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ПРЕВЫШЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ**
- **КЛАСС ЗАЩИТЫ ДЛЯ ШКАФА**
- **КОЛИЧЕСТВО КАБЕЛЕЙ НАГРУЗКИ ЗАКАЗЧИКА НА ФАЗУ И РАЗМЕР КАБЕЛЬНЫХ НАКОНЕЧНИКОВ**
- **ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ОКОНЦОВКИ КАБЕЛЕЙ, АРМИРОВАННЫХ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКОЙ**
- **ПРОСТРАНСТВО, ТРЕБУЕМОЕ ДЛЯ КАБЕЛЕЙ НАГРУЗКИ ЗАКАЗЧИКА**
- **РАДИУС ИЗГИБА КАБЕЛЕЙ НАГРУЗКИ ЗАКАЗЧИКА ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ К ВЫКЛЮЧАТЕЛЮ**

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Системы управления выполняют несколько основных функций:

- **ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА**
- **ФУНКЦИИ УПРАВЛЕНИЯ**
- **АВАРИЙНАЯ И РАБОЧАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ**
- **ИЗМЕРЕНИЕ**

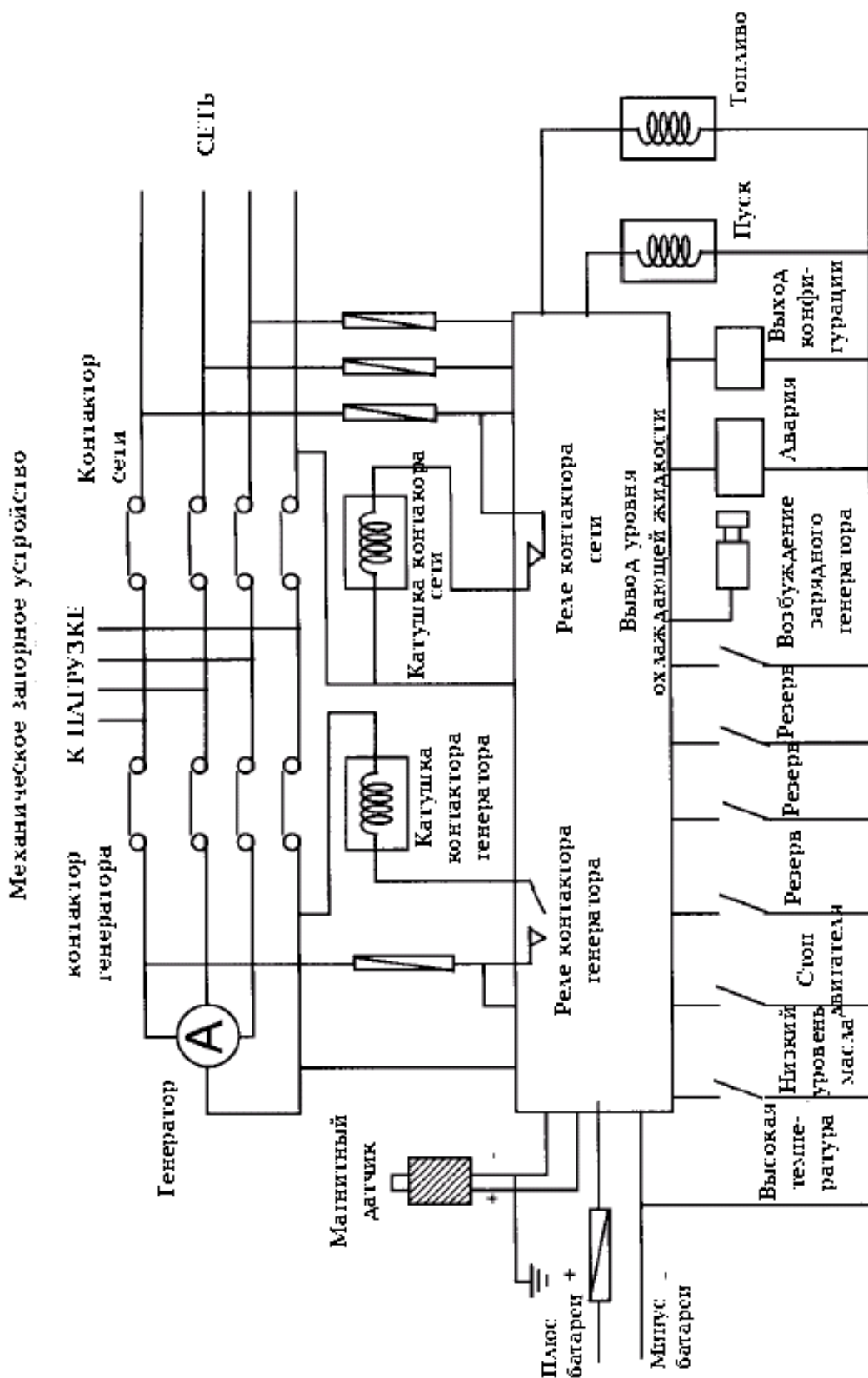
Для выполнения этих функций в системах управления используются реле, цифровые электронные приборы и микропроцессоры. Сегодня все больше и больше функций выполняются едиными системами, базирующимися на микропроцессорах. Они имеют некоторые преимущества для производителей генераторных установок и проектировщиков систем, однако для эксплуатации имеется значительное преимущество в системах, где есть несколько отдельных систем для выполнения каждой отдельной функции – управления двигателем, автоматического регулирования напряжения, автоматическим пуском.

Выбор системы управления может быть либо оставлен за производителем генераторной установки, либо прямо осуществляться покупателем. Существенно важно проанализировать характер применения данной генераторной установки, чтобы убедиться, что особенности системы управления, заказанного покупателем, соответствуют ее будущему применению. Часто заказчики могут заказывать ненужные функции и слишком большие номиналы коммутирующей аппаратуры.

Например, генераторная установка с ручным пуском для электроснабжения строительной площадки не требует наличия стольких же защит, как и генераторная установка, обеспечивающая гарантированное электроснабжение компьютерного центра.

Требования к системам управления резервных автоматических систем зависят от их размещения и наличия персонала. Удаленные площадки, добраться до которых сервисному инженеру может занять несколько часов, могут быть оборудованы системами телеметрии, которые передают рабочую и аварийную сигнализацию установки в любую точку мира.

ТИПОВЫЕ ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ СИГНАЛЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЗЕРВНОГО ГЕНЕРАТОРА



ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА

Некоторые параметры, контролируемые системой управления, приводят к отключению главного линейного выключателя. Срабатывание защиты обычно отображается аварийной сигнализацией, это может быть в форме

- **ОБЩЕЙ АВАРИЙНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ**

Она используется в качестве недорогого способа сигнализации о срабатывании одной из защит.

- **ИНДИВИДУАЛЬНОЙ АВАРИЙНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ**

Она использует по одному сигналу на каждую функцию защиты.

- **НИЗКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ**

Защита по понижению напряжения защищает оборудование, чувствительное к уровню напряжения, от пониженного уровня напряжения. Если она установлена, она действует обычно если понижение напряжения более чем на 30% на фазу длится более 5 секунд (время восстановления параметров регулятора класса А3). Эта защита отключает выключатель. Защита по понижению напряжения должна действовать только тогда, когда расчетный ток короткого замыкания протек, и защита по току имела шанс сработать. Кроме того, выдержка по времени необходима для регулирования. Эта защита не должна действовать, пока рабочее напряжение не достигнет своего номинала при достижении установкой номинальной скорости вращения. Защита по низкому напряжению может срабатывать от напряжений от одной до трех фаз.

- **ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЕ**

Защита по перенапряжению необходима для защиты электрических систем, кабелей и выключателей. Она настраивается в соответствии с номинальным рабочим напряжением установки. Защита по перенапряжению отключает выключатель после того, как превышение напряжения, равное 110% от номинального, продолжается более 2 секунд. Эта задержка по времени необходима для регулирования. Защита по перенапряжению не должна быть активна в период вывода защит. Защита по перенапряжению срабатывает от одной или трех фаз, трехфазный вариант предпочтительнее.

- **ЗАЩИТА ПО ПОНИЖЕНИЮ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ**

Защита по понижению скорости вращения действует на отключение выключателя в случае, если двигатель вращается с пониженной скоростью, т.е. 95% от номинальной скорости в течении любого промежутка времени кроме того, что требуется для процесса регулирования. Она защищает оборудование, чувствительное к частоте, которое может входить в состав нагрузки.

- **ЗАЩИТА ОТ РАЗНОСА**

Эта защита глушит двигатель в случае превышения скорости вращения, тем самым защищая двигатель и генератор от разрушения. Защита от разноса, обеспечиваемая системой управления, обычно является дополнением к системе регулирования скорости вращения двигателя. Эта дополнительная защита от разноса обеспечивает защиту и сигнализацию при превышении скорости вращения значений, доступных для регулятора (EFC фирмы Каминз). Защита от разноса обычно срабатывает при 67 Гц для 60 Гц и 60 Гц для 50 Гц, измеренных датчиком на маховике, и мгновенно отключает выключатель.

- **ЗАЩИТА ОТ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ**

Защита от низкой частоты подобна защите по понижению скорости вращения. В этом случае отслеживается частота, а не скорость, и выключатель отключается в случае, если частота генератора падает до значения около 94% от номинальной частоты на любой отрезок времени. Она защищает ротор генератора от чрезмерного тока и нагрузку, чувствительную к частоте.

При низких скоростях вращения АРН пытается скомпенсировать уменьшение выходного напряжения и увеличивает ток в роторе. Если он будет поддерживаться продолжительное время, то может стать чрезмерным и сжечь ротор. Защита от низкой частоты необходима также для параллельной работы.

- **ЗАЩИТА ОТ ПРЕВЫШЕНИЯ ЧАСТОТЫ**

Защита от превышения частоты подобна защите от разноса. В этом случае отслеживается частота, а не скорость вращения. Защита от превышения частоты обычно около 67 Гц для систем с номинальной частотой 60 Гц и 60 Гц - для 50 Гц. Защита от превышения частоты защищает генератор и чувствительное к частоте оборудование в нагрузке. При работе в параллель необходимо срабатывание при $\pm 1\%$ от номинальной частоты.

- **ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕГРУЗКИ**

В некоторых современных системах управления, базирующихся на микропроцессорной технологии, защита от перегрузки осуществляется контроллером. Это может быть реализовано даже без изолирующего аппарата – выключателя. Трансформаторы тока используются для измерения тока нагрузки и питают схему обработки сигнала контроллера. Этот тип защиты наиболее часто используется как дополнительное средство токовой защиты. Дополнительная надежность отдельной системы для защиты генератора является предпочтительной.

- **ЗАЩИТА ОТ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ**

Защита от замыкания на землю предназначена для защиты машины. Измеряется ток между нейтралью и землей. При отсутствии замыканий на землю в присоединенных системах он будет равен нулю. При наличии замыкания на землю в проводнике, соединяющем нейтраль и землю, будет протекать ток. Наличие такого тока величиной более чем приблизительно 30 мА вызовет отключение выключателя.

- **ЗАЩИТА ОБРАТНОЙ МОЩНОСТИ**

Схема защиты обратной мощности обнаруживает наличие тока, протекающего в генератор. Ток величиной более 5% от номинального, текущий в генератор, приведет к его повреждению. Защита обратной мощности обычно необходима, когда установка работает в параллель с любой другой установкой, с сетью, или с регенеративной нагрузкой.

ФУНКЦИИ УПРАВЛЕНИЯ

Наиболее распространенные из них могут быть разделены на:

- **ЗАПРЕТ ПУСКА**
- **АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЗАПУСК**
- **ВРЕМЕННОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ ЗАЩИТ И СИГНАЛИЗАЦИИ**
- **ВКЛЮЧЕНИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ НАГРУЗКИ**
- **ВОЗБУЖДЕНИЕ ЗАРЯДНОГО ГЕНЕРАТОРА**
- **УПРАВЛЕНИЕ НАГРЕВАТЕЛЕМ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ**
- **АВАРИЙНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ**
- **РАБОЧАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ**

ФУНКЦИИ УПРАВЛЕНИЯ

ЗАПРЕТ ПУСКА

Цепь пуска должна давать возможность автоматического или ручного пуска при следующих условиях:

- **ДВИГАТЕЛЬ НЕ ПРОДОЛЖАЕТ ВРАЩАТЬСЯ ПОСЛЕ ПРЕДЫДУЩЕГО ОСТАНОВА**
- **КНОПКА АВАРИЙНОГО ОСТАНОВА НЕ НАЖАТА**
- **НЕТ АКТИВНЫХ АВАРИЙНЫХ СИГНАЛОВ (ДЕЙСТВИЕ КОТОРЫХ НЕ ПРИОСТАНОВЛЕНО НА ПЕРИОД ПУСКА)**

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЗАПУСК

Для резервных систем функция контроля за пуском двигателя должна быть включена в состав системы управления или панели АВР. Система автоматического пуска должна:

- Включать стартер на определенный отрезок времени (**время пуска**)
- Отключать стартер, если двигатель завелся
- Отключать стартер, если двигатель не завелся через определенный промежуток времени (**время пуска**)
- Выдержать паузу, если двигатель не завелся (**время паузы**)
- Попытаться снова запустить двигатель после паузы определенной длительности
- Повторить определенное количество попыток пуска (**количество попыток пуска**)
- Если двигатель не запустился, система управления должна выдать аварийный сигнал (**отказ пуска**)

Для определения условий для отключения стартера контроллеры используют следующие все или несколько признаков пуска двигателя:

- Напряжение зарядного генератора, измеренное на его клеммах, возрастает до 90% номинального напряжения. Заметим, что если используется один этот признак, то обрыв приводного ремня зарядного генератора может привести к повреждению шестерни и мотора стартера.
- Частота, измеренная на выводах генератора, достигает приблизительно 33% от номинала.
- Напряжение, измеренное на выводах генератора, достигает приблизительно 85% от номинального значения (данное условие не используется изолированно от других условий).
- Скорость двигателя, измеренная магнитным датчиком скорости на маховике, достигает приблизительно 33% от номинального значения.

ВРЕМЕННОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ ЗАЩИТ

Временное отключение защит – это термин, который используют для описания промежутка времени между моментом достижения генераторной установкой значений напряжения 85% от номинала и частоты 95% от номинала, и активацией защит. Эта задержка по времени необходима для того, чтобы выросло давление масла, и напряжение и частота достигли установившихся значений. Для резервных систем является обычным, что генераторный автомат включен, и установка включается на нагрузку до того, как время отключения защит истечет. Продолжительность периода временного отключения защит зависит от размера двигателя и, следовательно, от времени, которое требуется для его стабилизации.

ВКЛЮЧЕНИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ НАГРУЗКИ

Эта система определяет достижение установленных значений напряжения и частоты и включает выключатель установки. Эта система может иметь таймер для задержки включения на нагрузку, что позволяет двигателю стабилизировать напряжение и скорость вращения. Такая задержка (**ВРЕМЯ ПРОГРЕВА**) не используется в резервных системах, в этих обстоятельствах приоритет отдается включению нагрузки при первой возможности (обычно через 10 – 11 минут после пропадания питания).

УПРАВЛЕНИЕ НАГРЕВАТЕЛЕМ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ

Другие системы, такие, как нагреватели и жалюзи, часто управляются логической схемой генераторной установки. Очень часто это нагреватели двигателя для нахождения установки в горячем резерве. Кроме управления термостатом, эта функция используется также для отключения нагревателей двигателя, панели управления, кожуха и генератора, когда двигатель запущен и нет больше недостатка в тепле.

ВОЗБУЖДЕНИЕ ЗАРЯДНОГО ГЕНЕРАТОРА

Зарядные генераторы, используемые на двигателях Каминз, требуют наличия статического возбуждения на выводах обмотки возбуждения. Это обеспечивается системой управления путем включения напряжения батареи на эти выводы во время пуска, и отключением этого напряжения после того, как установленный уровень напряжения и скорости вращения будет достигнут.

АВАРИЙНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ

Важной задачей системы управления является индикация причины, по которой установка была заглушена. Отдельные устройства защиты электрической системы и двигателя в основном снабжены их собственной аварийной сигнализацией. Очень редко защиты группируются по срабатыванию на один общий сигнал без наличия отдельных сигналов. Сигналы индицируются в одной или нескольких следующих формах:

- **СВЕТОВАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ**

Светодиод или лампа накаливания светится при наличии аварии. Такая сигнализация предпочтительна там, где требуется показ нескольких аварийных сигналов.

- **ТЕКСТОВОЕ СООБЩЕНИЕ**

Панель текстовых сообщений описывает текущую аварию. Такая сигнализация обычно ограничивается показом сообщения только об одной аварии.

- **ЗАМЫКАНИЕ СВОБОДНОГО ИЛИ СУХОГО КОНТАКТА**

Релейный контакт изменяет свое положение при появлении аварии и делает возможным передать сигнал в оборудование заказчика.

- **ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ**

Соединение с местной или удаленной станцией управления может быть реализовано с помощью системы управления и телеметрического интерфейса. Системы телеметрии доступны в качестве стандартных опций многих контроллеров генераторных установок. Сообщения об авариях с удаленных объектов возможно получать с помощью встроенных постов телеметрии или каналов связи систем управления генераторов, подключенных к телефонной сети.

ПРИОРИТЕТ АВАРИЙНЫХ СИГНАЛОВ

- **КРИТИЧЕСКИЙ ИЛИ ОСТАНОВ**

Этот сигнал отключает главный автоматический выключатель и снимает питание с соленоида подачи топлива. Обычно для каждого из этих сигналов есть красная индикаторная лампа. Критические сигналы должны фиксироваться, как только они появляются, т.е. пусковая цепь не должна собираться для новых пусков, пока оператор не нажмет на переключатель сброса. Перед тем, как сбросить критический сигнал, оператор должен выяснить причину его появления. Например, критический останов двигателя по разному.

- **НЕКРИТИЧЕСКИЙ ИЛИ ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫЙ**

Эти сигналы не приводят к отключению выключателя или снятию питания с соленоида подачи топлива, но сообщают о появлении условий, которые требуют внимания. Для сигнализации о таких событиях, как правило, служат желтые или янтарные индикаторные лампы. Некритические или предупредительные сигналы не фиксированные, т.е. сигнал присутствует, пока имеет место вызвавшее его условие, но индикация самосбрасывается, как только это условие исчезает. Пример некритического останова – низкий уровень топлива.

ТИПОВЫЕ АВАРИЙНЫЕ СИГНАЛЫ

Список типовых сигналов защит электрической системы и двигателя приведен ниже. Вообще, в обслуживаемых генераторных установках применяется больше аварийных сигналов и следящих систем, которые останавливают генератор в случае возникновения любой опасной ситуации.

- **НИЗКОЕ ДАВЛЕНИЕ МАСЛА В ДВИГАТЕЛЕ (ОСТАНОВ)**
- **ВЫСОКАЯ ТЕМПЕРАТУРА ОХЛАДИТЕЛЯ ДВИГАТЕЛЯ (-“-)**
- **ВЫСОКАЯ ТЕМПЕРАТУРА МАСЛА (-“-)**
- **ВЫСОКАЯ ТЕМПЕРАТУРА ОБМОТОК ГЕНЕРАТОРА (-“-)**
- **ВЫСОКАЯ ТЕМПЕРАТУРА ПОДШИПНИКОВ ГЕНЕРАТОРА (-“-)**
- **ВЫСОКАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВЫХЛОПА (СИГНАЛ)**
- **НИЗКИЙ УРОВЕНЬ ОХЛАДИТЕЛЯ (ОСТАНОВ)**
- **НИЗКИЙ УРОВЕНЬ ТОПЛИВА (СИГНАЛ)**
- **НИЗКАЯ ТЕМПЕРАТУРА ДВИГАТЕЛЯ (ТАМ, ГДЕ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ НАГРЕВАТЕЛИ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ БЛОКА) (СИГНАЛ)**
- **НИЗКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ (ОСТАНОВ)**
- **ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЕ (-“-)**
- **МАЛАЯ СКОРОСТЬ (-“-)**
- **РАЗНОС (-“-)**
- **НИЗКАЯ ЧАСТОТА (-“-)**
- **ВЫСОКАЯ ЧАСТОТА (-“-)**
- **ОБРАТНАЯ МОЩНОСТЬ (-“-)**
- **ПЕРЕГРУЗКА ПО ТОКУ (-“-)**
- **АВАРИЙНАЯ ОСТАНОВКА (-“-)**

РАБОЧАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ

Система управления сигнализирует о состоянии установки. Некоторые состояния более очевидны, чем другие, например, работает двигатель или стоит – это два состояния, которые немедленно определяемы оператором, стоящим возле установки. В некоторых случаях все же необходимо обеспечить сигнализацию об этих и других состояниях двигателя по следующим причинам:

ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ / СИГНАЛИЗАЦИЯ

СВЯЗЬ С ДРУГИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Аварийная сигнализация не должна мешать рабочей. Авария (останов) должна рассматриваться, как состояние установки. С появлением дистанционного управления и следящих систем становится очень важно для системы управления различать разные состояния установки, так как эти сигналы необходимо передавать в другие места. Состояние установки могут показывать светодиоды или лампы, которые дублируются свободными контактами для использования в другом оборудовании. Следующие рабочие состояния генераторной установки полезно индицировать рабочей сигнализацией:

- **ОТСЧЕТ ЗАДЕРЖКИ ПУСКА**
- **ОТСЧЕТ ЗАДЕРЖКИ ВОЗВРАТА**
- **РАБОТА ДВИГАТЕЛЯ НА ХОЛОСТОМ ХОДУ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ**
- **НЕТ ТОПЛИВА**
- **ЕСТЬ ТОПЛИВО**
- **ПУСК**
- **ПАУЗА МЕЖДУ ПОПЫТКАМИ ПУСКА**
- **НЕТ ЗАЦЕПЛЕНИЯ (КАСАЕТСЯ МОТОРА СТАРТЕРА)**
- **НЕУДАЧНЫЙ ПУСК**
- **ОТКЛЮЧЕНИЕ СТАРТЕРА**
- **РАЗГОН**
- **ВЫХОД НА ОБОРОТЫ И НАПРЯЖЕНИЕ**
- **УСТАНОВКА РАБОТАЕТ**
- **УСТАНОВКА ПОД НАГРУЗКОЙ**
- **ОТКАЗ ВКЛЮЧЕНИЯ ГЕНЕРАТОРНОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ**
- **ОСТАНОВКА**
- **ДВИГАТЕЛЬ СТОИТ**

ИЗМЕРЕНИЯ

Требования к измерительным приборам генераторных установок различны для установок различного назначения. Например, отдельная установка для снабжения электроэнергией строительной площадки не требует такой же совершенных и точных приборов, как главная энергетическая установка, используемая для подачи энергии в сеть.

Измерительные приборы делятся на **МОТОРНЫЕ** и **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ**. Приборы могут быть цифровыми или аналоговыми, хотя аналоговые предпочтительнее для промышленного использования, поскольку они позволяют с одного взгляда оценить в динамике состояние системы.

Сейчас существуют полосовые индикаторы: это цифровые приборы, которые показывают измеряемую величину в виде полосы светодиодов. Хотя это цифровые приборы, но их показания можно проследить в динамике, как и у аналоговых.

МОТОРНЫЕ ПРИБОРЫ

Здесь приводятся вазовые требования большинства спецификаций:

СЧЕТЧИК МОТОЧАСОВ

Накопительный счетчик моточасов, который используется для определения интервалов технического обслуживания.

ТАХОМЕТР

Прибор, индицирующий показания отдельного датчика скорости.

УКАЗАТЕЛЬ ДАВЛЕНИЯ МАСЛА

Позволяет на глаз оценить давление масла в двигателе.

УКАЗАТЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ОХЛАДИТЕЛЯ ДВИГАТЕЛЯ

Позволяет на глаз оценить температуру охладителя двигателя.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

ТОЧНОСТЬ

Точность определяется как:

«близость наблюдаемого значения к определенной или истинной величине».

Приборы для промышленных измерений классифицируют по допустимой погрешности к всей шкале следующим образом:

КЛАСС 0,5 ДОПУСКАЕТСЯ ПОГРЕШНОСТЬ В 0,5% ОТ ВСЕЙ ШКАЛЫ

КЛАСС 1,0 ДОПУСКАЕТСЯ ПОГРЕШНОСТЬ В 1,0% ОТ ВСЕЙ ШКАЛЫ

КЛАСС 1,5 ДОПУСКАЕТСЯ ПОГРЕШНОСТЬ В 1,5% ОТ ВСЕЙ ШКАЛЫ

В общем случае для измерительных приборов генераторных установок из соображений точности и экономичности класс точности от 2.0 до 5.0 является обычным выбором покупателей. Для приборов, которые будут использоваться для тарификации, более предпочтительным является класс 0.5 или 0.2.

Металлические приборы с движущимися частями, используемые в промышленности, предназначены для работы в стандартных исходных условиях температуры и окружающего магнитного поля. Они откалиброваны для измерения среднеквадратических значений, следовательно, любое изменение тока нагрузки и напряжения может привести к неверным показаниям. При разработке цепей измерения важно знать характеристики нагрузки. Высокая доля элементов нелинейной нагрузки, таких, как источники бесперебойного питания, импульсные источники питания будут искажать форму кривой напряжения и тока. В этих обстоятельствах может оказаться необходимым применение «истинно среднеквадратичных приборов».

Цифровые приборы страдают от того же эффекта при высокой доле нелинейной нагрузки. Цифровые приборы бывают или показывающими среднеквадратичное значение при считывании среднего значения, которые не показывают правильно значения при искаженной форме кривой, или считывающие истинное среднеквадратичное значение, которые показывают правильное значение при искаженной форме кривой.

НАПРЯЖЕНИЕ

В процессе работы установки необходимо измерять как междуфазные напряжения, так и напряжения фаз относительно земли. Это можно реализовать либо с помощью одного вольтметра и ключа выбора, либо с помощью нескольких вольтметров. Точность измерений зависит от класса точности прибора и длины и сечения проводников между прибором и выводами генератора. Вольтметр должен быть подключен к генератору до автомата.

ТОК

Необходимо измерять ток в каждой фазе, либо с помощью ключа выбора, либо тремя отдельными амперметрами. Точность измерения тока зависит от точности прибора и от трансформаторов тока. Погрешность каждого прибора в процентах в цепи измерения складывается, т.е. ТТ класса 1 и амперметр класса 1 будут иметь в результате измерение класса $1+1=2$.

ЧАСТОТА

Должен быть один прибор, показывающий частоту. В синхронном генераторе частоты всех фаз равны. На некоторых частотомерах имеются две шкалы – для частоты и для скорости вращения двигателя. При правильной работе генераторной установки скорость вращения двигателя прямо пропорциональна частоте. В этом случае прибор должен рассматриваться, как показывающий скорость вращения двигателя. В случае, если заказчик требует измерения скорости двигателя, должно быть обеспечено прямое считывание скорости с датчика на маховике.

НАПРЯЖЕНИЕ БАТАРЕИ

Напряжение батареи является хорошим показателем степени ее заряженности. Шкала вольтметра должна быть такой, чтобы различие между полностью заряженным и разряженным состоянием батареи было легко различимым. Измерители напряжения батарей должны подключаться легко и без использования какой бы то ни было коммутирующей аппаратуры.

ТОК БАТАРЕИ

Использование измерения тока батареи для контроля ее состояния на самом деле дороже, чем измерение напряжения батареи. Напряжение батареи дает лучшее представление о состоянии батареи, чем ее ток. Включение амперметра требует наличия разрыва в цепи запуска двигателя, что усложняет и снижает надежность системы.

ВАТТМЕТРЫ

Измерители активной и полной мощности и коэффициента мощности широко применяются в генерирующих установках, когда оператору требуется точная информация по наличию активной мощности. Операторам автономных генераторных установок тоже требуются измерители активной энергии. Измерители реактивной энергии особенно полезны, так как передача реактивной энергии в сеть финансово наказывается.

СЧЕТЧИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

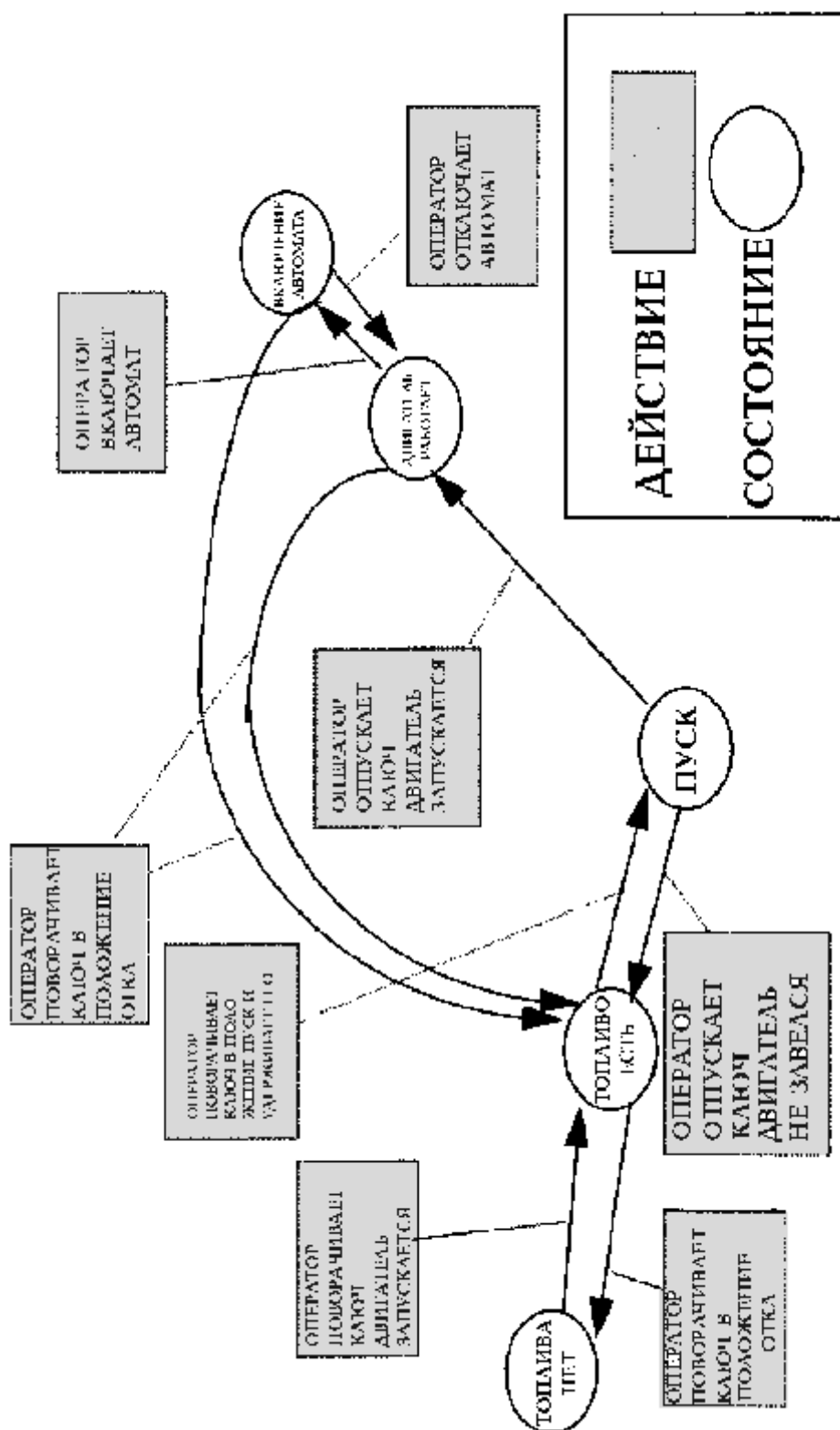
Счетчики электроэнергии, которые считают киловатт-часы и киловар-часы и часто дублируют сетевые средства измерений для контроля выработки операторами, требуются в больших работающих в параллель генерирующих установках.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Некоторые производители измерительных приборов предлагают интегрированные многофункциональные измерительные приборы, которые могут измерять напряжение, ток, частоту, активную, реактивную и полную мощность и коэффициент мощности. В этих приборах применяются светодиодные индикаторы, и результаты измерений представляются на отдельных «страницах» данных.

ОСНОВНАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РУЧНОГО ПУСКА

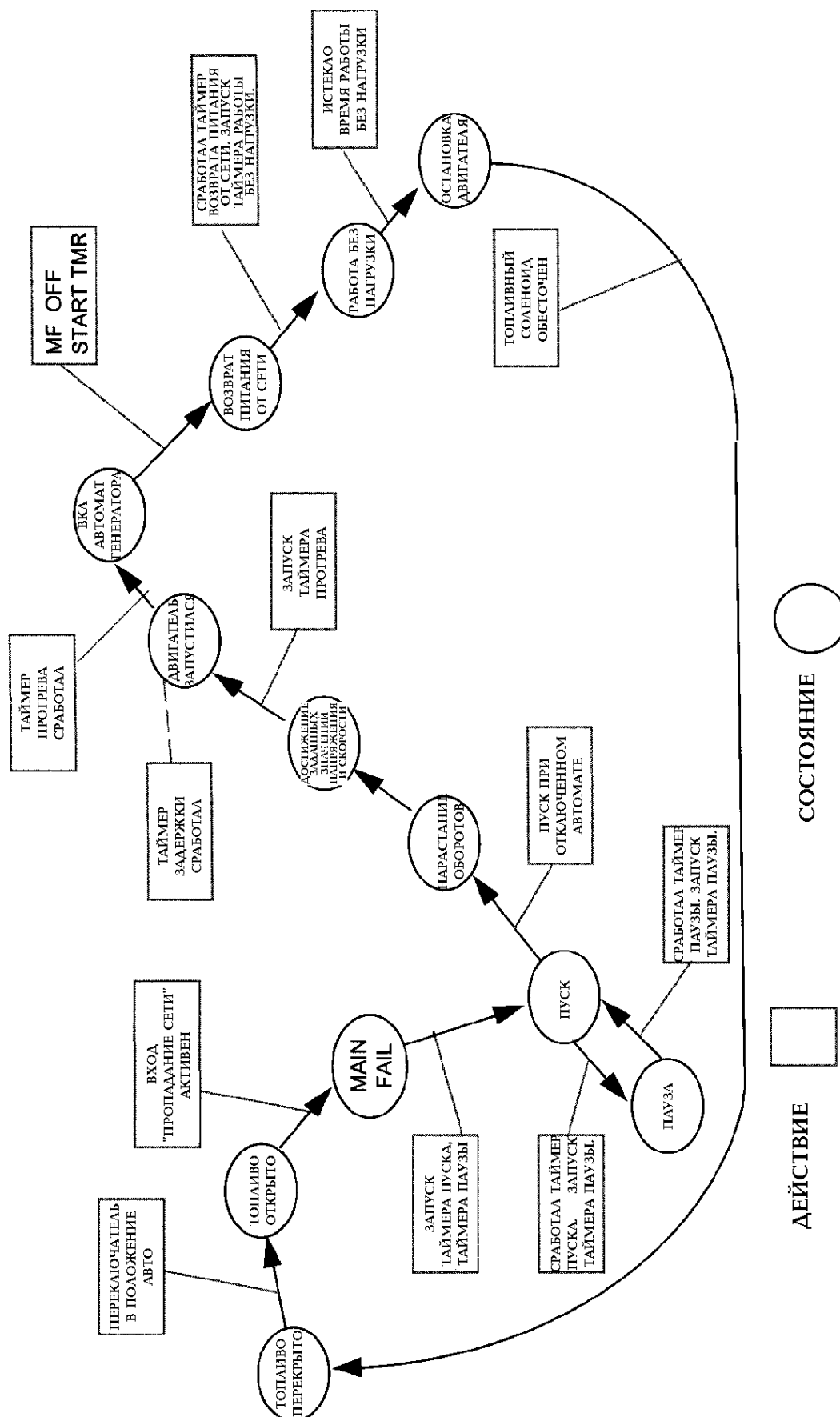
Типовая диаграмма операций при ручном пуске генераторной установки, оборудованной простым трехпозиционным ключом управления ОТКЛ-ВКЛ-ПУСК при отключенном автомате и включенной системе управления.



Стр. 3-62

ОСНОВНАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАПУСКА ПРИ ПРОПАДАНИИ НАПРЯЖЕНИЯ СЕТИ

Типовая диаграмма состояний автоматической резервной генераторной установки, оборудованной средствами обнаружения пропадания сети.



ОБЩАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Каждая из следующих характеристик предлагаемых систем управления должна быть тщательно обдумана:

- **МЕСТО УСТАНОВКИ**

Система управления обычно монтируется в одном ящике с измерительными приборами. Этот ящик размещается или на генераторе, или на шасси, или в отдельно стоящем шкафу. Обратите внимание, что при установке панели управления на генераторе должно быть правильно выбраны антивибрационные средства монтажа. Неправильный выбор или их полное отсутствие приведет к выходу из строя как измерительных приборов, так и электроники в системе управления. Кроме того, при отсутствии антивибрационной изоляции между генератором и панелью управления крайне трудно читать показания приборов с движущимся указателем.

- **КОНСТРУКЦИЯ**

Панель управления должна быть изготовлена из стального листа, чтобы обеспечить прочную защиту системы управления от физического воздействия извне и электромагнитный экран для увеличения надежности и уменьшения нежелательного влияния радиопомех.

Доступ к плавким предохранителям и средствам настройки должен обеспечиваться через открывающиеся дверцы или съемные панели.

- **РАБОЧЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ УСТАНОВКИ**

Поскольку система управления отвечает за защиту по перенапряжению и за отключения стартерного двигателя, контроллеры часто рассчитаны на одно рабочее напряжение. В качестве альтернативы они могут быть запрограммированы или настроены на работу от напряжения определенной фазы. Измерение напряжения в некоторых системах производится так же.

- **НОМИНАЛЬНЫЙ ТОК**

Амперметр, который является обязательным компонентом большинства систем управления, должен соответствовать мощности установки. Амперметры (с движущейся рамкой) выбираются таким образом, чтобы середина шкалы соответствовала 50 – 80 % мощности генераторной установки.

- **НОМИНАЛЬНАЯ ЧАСТОТА**

Номинальная частота должна быть выбрана правильно, поскольку система управления часто осуществляет защиту генераторной установки по понижению и превышению частоты, а также использует сигнал частоты генератора для отключения стартерного двигателя. Система, предназначенная для работы при 50 Гц, должна быть перенастроена или перепрограммирована для работы цепей защиты по напряжению при 60 Гц.

- **НАПРЯЖЕНИЕ ЦЕПЕЙ УПРАВЛЕНИЯ**

Системы управления получают питание от батарей аккумуляторной установки. Некоторые контроллеры работают при напряжении от 4В до 40В с современными блоками питания, но большинству все же требуется или 12В, или 24В. Батареи установки, стартер, зарядный генератор должны быть выбраны для работы при одинаковом напряжении.

ТЕЛЕМЕТРИЯ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Телеметрия или **ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЯ** – это термин для обозначения системы для измерения параметров на определенном расстоянии от генератора, при этом данные часто передаются по телефонной линии.

Использование систем телеметрии для управления и мониторинга генераторных систем становится все более популярным в последние годы. С появлением контроллеров генераторных установок, базирующихся на микропроцессорах, стало относительно просто строить генераторные контроллеры по принципу последовательных входов и устанавливать в них последовательные коммуникационные связи. Это дает множество преимуществ по сравнению с обычными контроллерами, в особенности благодаря использованию принципа последовательной передачи данных персональными компьютерами и телекоммуникационными системами.

- **ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ И УПРАВЛЕНИЕ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКОЙ. (Т.Е. В ЛЮБОЙ ТОЧКЕ ПЛАНЕТЫ, ГДЕ ЕСТЬ ТЕЛЕФОННЫЕ ЛИНИИ.)**
- **МЕСТНЫЙ МОНИТОРИНГ И УПРАВЛЕНИЕ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКОЙ. (Т.Е. НА ТОМ ЖЕ ОБЪЕКТЕ, ГДЕ НАХОДИТСЯ И ГЕНЕРАТОРНАЯ УСТАНОВКА, НО В ДИСПЕТЧЕРСКОМ ПОМЕЩЕНИИ, НАПРИМЕР.)**
- **ХРАНЕНИЕ И ПОИСК ДАННЫХ ПО ВЫРАБОТКЕ НА ПЕРСОНАЛЬНОМ КОМПЬЮТЕРЕ.**
- **ХРАНЕНИЕ И ПОИСК ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И СЕРВИСНЫХ ДАННЫХ НА ПЕРСОНАЛЬНОМ КОМПЬЮТЕРЕ.**
- **ПРЯМОЙ ИНТЕРФЕЙС С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ДАННЫХ С СИСТЕМОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАКАЗЧИКА .**

Производительность системы телеметрии должна быть по крайней мере такой же высокой, как и возможности по управлению и мониторингу контроллера, с которым система обменивается данными. Например, система телеметрии может применяться для мониторинга состояния резервной генераторной установки радиомачты, находящейся на расстоянии 24 часов пути от сервисного инженера. В этом случае установка используется не часто, и должен передаваться сигнал о любой неисправности, требующей прибытия инженера. Однако для инженера полезно иметь возможность для попытки сброса сигнала аварии прямо с базы, без длительного путешествия на объект.

Для комбинированных теплоэнергетических систем и генераторных установок, используемых в качестве основного источника питания, требуются более сложные системы мониторинга и управления. В этом случае очень часто автоматические генераторы управляются с одного центрального пульта. В объединенных расширенных системах мониторинга, которые передают такие подробные данные, такие, как температура головки цилиндра, температура выхлопных газов, уровни вибрации и т.п., возможно использовать отслеживаемые параметры для определения тенденций работы генераторной установки в целях раннего обнаружения аварий.

СПЕЦИФИКАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПО УСЛОВИЯМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Электромеханические и электронные схемы не обязательно могут работать в таких же условиях окружающей среды, как и дизельный двигатель. Для системы управления жизненно необходимо, чтобы рабочие условия окружающей среды были выбраны правильно. Особенно важно обратить внимание на следующие параметры системы управления:

ТЕМПЕРАТУРА

Большинство электронных приборов предназначены для работы только в так называемом «коммерческом» диапазоне от 0 до 70°C, эти приборы используются в недорогих системах управления. Более надежные версии работают в промышленном диапазоне температур от -40°C до +85°C и, следовательно, являются более дорогими и применяются в высококачественных контроллерах. Электромеханические системы работоспособны в этом более широком диапазоне температур. В спецификациях систем управления за общее правило принимают, что внутри панели управления температура на 10°C выше окружающей температуры.

ВЛАЖНОСТЬ

Высокая влажность может неблагоприятно повлиять на состояние печатных плат системы управления, что может привести к неправильному срабатыванию. Силиконовые, акриловые и полиэтиленовые покрытия применяются в тропическом исполнении для повышения сопротивляемости условиям окружающей среды. Часто это можно сделать за дополнительную плату и должно заказываться для систем, предназначенных для работы в условиях повышенной влажности.

ВИБРАЦИЯ

Антивибрационная изоляция должна быть реализована установкой подходящих антивибрационных изоляторов между панелью управления и установкой. Внутренняя конструкция системы управления должна быть жесткой. Кабели должны быть закреплены через равные промежутки во избежание перепутывания, и все соединения должны быть снабжены антивибрационными шайбами. Нужно избегать односторонних печатных плат и многоштырьковых соединений, поскольку они ослабевают от вибрации.

ОПРОСНЫЙ ЛИСТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

ГЕНЕРАТОРНАЯ УСТАНОВКА

- **РЕЗЕРВНАЯ**
- **ОСНОВНАЯ**
- **ТРЕБУЕТСЯ ЛИ ПРИСУТСТВИЕ ПЕРСОНАЛА**
- **БАЗОВАЯ НАГРУЗКА**
- **ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ**

ЗАЩИТА ДВИГАТЕЛЯ

- **НИЗКОЕ ДАВЛЕНИЕ МАСЛА**
- **ВЫСОКАЯ ТЕМПЕРАТУРА**
- **ВЫСОКАЯ ТЕМПЕРАТУРА МАСЛА**
- **ВЫСОКАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ**
- **НИЗКАЯ ТЕМПЕРАТУРА**
- **НИЗКИЙ УРОВЕНЬ ОХЛАДИТЕЛЯ**
- **НИЗКИЙ УРОВЕНЬ ТОПЛИВА**
- **НИЗКАЯ СКОРОСТЬ ВРАЩЕНИЯ**
- **ВЫСОКАЯ СКОРОСТЬ ВРАЩЕНИЯ**
- **НЕТ ЗАЦЕПЛЕНИЯ СТАРТЕРА**
- **НЕУДАЧА ПУСКА**

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЗАЩИТЫ

- **НИЗКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ**
- **ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ**
- **НИЗКАЯ ЧАСТОТА**
- **ВЫСОКАЯ ЧАСТОТА**
- **ОБРАТНАЯ МОЩНОСТЬ**
- **ПЕРЕГРУЗКА ПО ТОКУ**
- **АВАРИЙНЫЙ ОСТАНОВ**
- **НЕТ НАПРЯЖЕНИЯ ЗАРЯДНОГО ГЕНЕРАТОРА**
- **НЕИСПРАВНОСТЬ СЕТЕВОГО ЗАРЯДНОГО БЛОКА**
- **НИЗКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ БАТАРЕИ**
- **ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ БАТАРЕИ**
- **ПОТЕРЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ**
- **ВЫСОКАЯ ТЕМПЕРАТУРА ИЗОЛЯЦИИ ГЕНЕРАТОРА**
- **ВЫСОКАЯ ТЕМПЕРАТУРА ПОДШИПНИКОВ ГЕНЕРАТОРА**

КОНТРОЛЬНЫЕ ЦЕПИ

ИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ

- **НЕТ ТОПЛИВА**
- **ЕСТЬ ТОПЛИВО**
- **ПУСК**
- **ПАУЗА ПУСКА**
- **ОТКЛЮЧЕНИЕ СТАРТЕРА**
- **РАЗГОН ДО СКОРОСТИ**
- **ВЫХОД НА НОМИНАЛЬНУЮ СКОРОСТЬ И НАПРЯЖЕНИЕ**
- **УСТАНОВКА РАБОТАЕТ**
- **УСТАНОВКА ПОД НАГРУЗКОЙ**
- **ГЕНЕРАТОРНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ НЕ ВКЛЮЧИЛСЯ**
- **ОСТАНОВКА**
- **ДВИГАТЕЛЬ СТОИТ**
- **ГЕНЕРАТОРНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ВКЛЮЧЕН**
- **СЕТЕВОЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ВКЛЮЧЕН**

ИЗМЕРЕНИЯ

- **МОТОРНЫЕ ПРИБОРЫ**
- **СЧЕТЧИК МОТОЧАСОВ**
- **ИЗМЕРИТЕЛЬ ДАВЛЕНИЕ МАСЛА**
- **ИЗМЕРИТЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ОХЛАДИТЕЛЯ**
- **ИЗМЕРИТЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ МАСЛА**

- **ВОЛЬТМЕТР**
- **АМПЕРМЕТР**
- **ЧАСТОТОМЕР**
- **КИЛОВАТТМЕТР**
- **КИЛОВАРМЕТР**
- **ИЗМЕРИТЕЛЬ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ**

ОБЩИЕ

- **ВИД МОНТАЖА**
- **КОНСТРУКЦИЯ**
- **ВЫХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ УСТАНОВКИ**
- **НОМИНАЛЬНЫЙ ТОК РАЗРЯДА БАТАРЕЙ УСТАНОВКИ**
- **НАПРЯЖЕНИЕ БАТАРЕИ**
- **ОКРУЖАЮЩИЕ УСЛОВИЯ**
- **ТЕМПЕРАТУРА**
- **ВЛАЖНОСТЬ**
- **ВИБРАЦИЯ**
- **КЛАСС ЗАЩИТЫ**

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА ГЕНЕРАТОРОВ

Работой в параллель называется соединение двух и более генераторов, которые питают одну общую нагрузку, или подключение одного и более генераторов к сети электроснабжения.

ВНИМАНИЕ!

Генераторные установки не должны включаться в сеть электроснабжения без соответствующего оборудования для параллельной работы (синхронизации).

ПРИЧИНЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Генераторы включаются в параллель по следующим причинам:

ЭКОНОМИЯ

Иногда экономически выгоднее включать две малых генераторных установки, каждая из которых может обеспечить половину нагрузки объекта, чем одну большую генераторную установку, которая может обеспечить всю нагрузку.

ГИБКОСТЬ

При наличии двух или более генераторных установок возможно держать в работе только их часть для обеспечения требуемого тока нагрузки. При наличии одной установки, когда объект потребляет малую мощность, может потребоваться искусственная нагрузка, чтобы обеспечить работоспособность и долговечность генератора.

Две и более генераторных установок вместо одной позволяют также выводить из работы и обслуживать одну из них, пока остальные обеспечивают питание нагрузку.

НАДЕЖНОСТЬ ИЛИ ВЗАИМНОЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЕ

В критических ситуациях одна генераторная установка может служить резервной для другой, если одна установка обычно берет полную нагрузку. Хотя постоянно работает только одна установка, необходимо иметь возможность включать их в параллель, чтобы переводить нагрузку с одной установки на другую без перерыва питания.

ПРИЧИНЫ ДЛЯ ОТКАЗА ОТ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

СТОИМОСТЬ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

ОСОБЕННОСТИ НАГРУЗКИ

ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

При работе в параллель двух генераторных установок не требуется, чтобы их двигатели работали с одинаковой скоростью, или чтобы генераторы вырабатывали одинаковую мощность, поэтому не обязательно, чтобы топливные регуляторы и блоки АРН были одинаковы. Тем не менее, они должны удовлетворять следующим эксплуатационным требованиям:

- **НАПРАВЛЕНИЕ ВРАЩЕНИЯ ФАЗ ДОЛЖНО БЫТЬ ОДИНАКОВЫМ**

Оно проверяется при наладке и при приемке в эксплуатацию, при этом положение кабеля фиксируется и в дальнейшем не требуется вмешательства оператора, если только установка не мобильная.

- **НАПРЯЖЕНИЕ И РЕГУЛИРОВКА НАПРЯЖЕНИЯ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ОДИНАКОВЫМИ**

Уровень напряжения устанавливается с дистанционного настроечного блока АРН генератора, регулировка напряжения зависит от типа и настройки АРН.

- **ЧАСТОТА И РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ОДИНАКОВЫМИ**

Частота устанавливается с дистанционного устройства настройки скорости вращения топливного регулятора двигателя. Регулирование скорости зависит от типа и настроек используемого топливного регулятора.

ДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ

Делением нагрузки называется разделение мощности нагрузки между генераторными установками, питающими эту нагрузку. Важно, чтобы был контроль величины нагрузки на каждый генератор, для того, чтобы она не превышала его номинальной мощности. Деление нагрузки можно разделить на две категории:

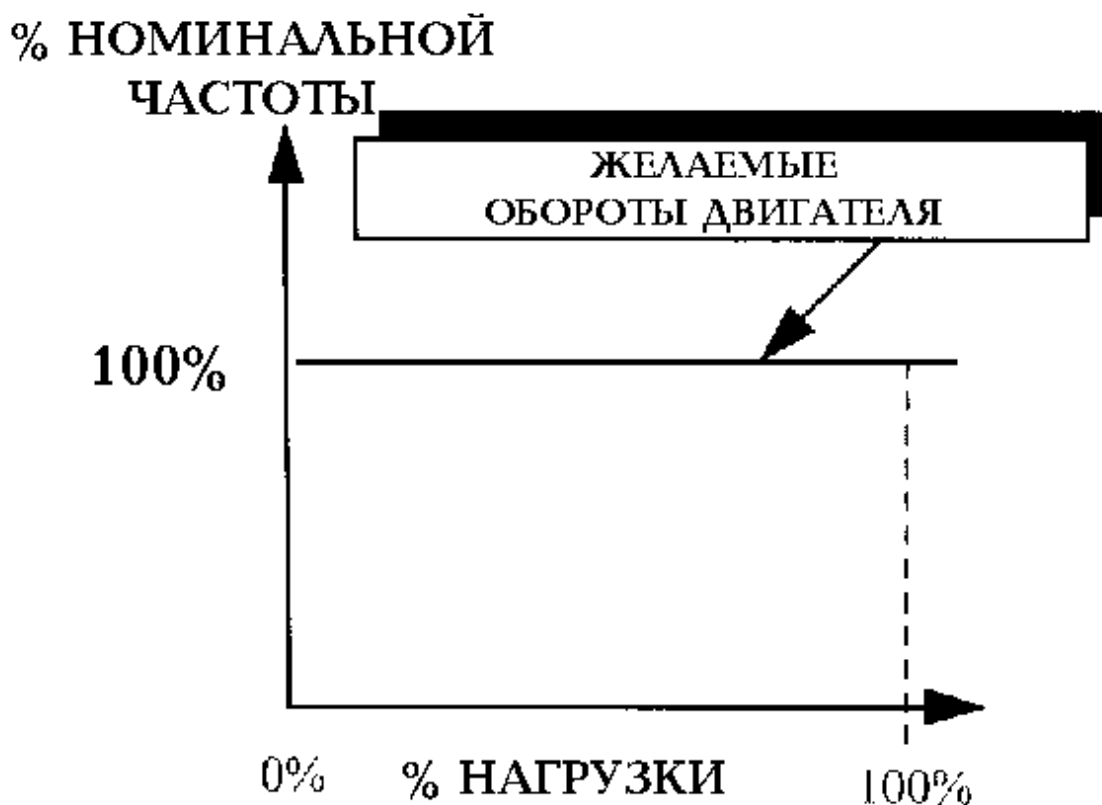
- **ДЕЛЕНИЕ АКТИВНОЙ НАГРУЗКИ** производится настройкой скорости вращения генераторной установки. После включения в параллель с другой генераторной установкой или с сетью, частота генераторной установки будет связана из-за того, что синхронные генераторы остаются в фазе один с другим.
- **ДЕЛЕНИЕ РЕАКТИВНОЙ НАГРУЗКИ** производится настройкой возбуждения генераторной установки. После синхронизации напряжения генераторных установок, работающих в параллель, будут равны.

РАБОТА В ПАРАЛЛЕЛЬ ИЗОЛИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Включение в параллель двух или более генераторов, изолированных от сети электроснабжения может быть определено термином ЗАПАРАЛЛЕЛИВАНИЕ. В этом случае генераторы выходят на обороты по очереди, первый включается на общие шины, последующие синхронизируются с напряжением на этих шинах.

ИЗОХРОННОЕ ДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ

Принцип изохронного деления нагрузки состоит в пропорциональном разделении общей нагрузки между двумя или большим количеством мотор-генераторов при поддержании постоянной частоты на изолированных шинах. Блок изохронного деления нагрузки по цепям параллельной работы, подключенным к блокам других генераторов, сравнивает нагрузку своего генератора с нагрузками, приложенными к другим генераторам, и увеличивает или уменьшает подачу топлива для поддержания пропорциональной доли участия в питании общей нагрузки.



ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАГРУЗКИ ПРИ ИЗОХРОННОМ ДЕЛЕНИИ НАГРУЗКИ

ВКЛЮЧЕНИЕ В ПАРАЛЛЕЛЬ С ШИНАМИ БЕСКОНЕЧНОЙ МОЩНОСТИ

Включение одной и более генераторных установок в параллель с сетью должно осуществляться иначе, поскольку понятно, что частоту и напряжение сети невозможно регулировать так же, как частоту и напряжение генераторных установок. Поэтому генераторные установки должны синхронизироваться с сетью. Этот тип работы в параллель называется запараллеливание с шинами бесконечной мощности. Мощность сети бесконечна по сравнению с генераторной установкой, и невозможно повлиять на частоту и напряжение сети, как бы себя ни вела генераторная установка.

СТАТИЧЕСКОЕ ДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ

Статическое деление нагрузки необходимо для ограничения нагрузки генераторной установки при работе в параллель с шинами бесконечной мощности. Частота напряжения шин бесконечной мощности постоянна: следовательно, при изохронном делении нагрузки двигатель будет либо перегружаться, либо глушиться защитой обратной мощности, в зависимости от того, выше или ниже скорость мотор-генератора, чем частота на шинах.

Статическое деление нагрузки может использоваться и в изолированных системах.



ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАГРУЗКИ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ ДЕЛЕНИИ НАГРУЗКИ

РУЧНЫЕ СИСТЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ

РУЧНАЯ ПОДСТРОЙКА НАПРЯЖЕНИЯ

Система синхронизации имеет вольтметры – один на каждом генераторе и один на общих шинах. Оператор подстраивает с помощью АРН напряжение генератора, пока оно не станет равным напряжению на шинах. На практике большинство генераторов не требуют подстройки АРН, если статизм характеристики не превышает 3%. Практически безопасно включать выключатель между шинами и генераторной установкой при отклонении генераторного напряжения от напряжения на шинах на 5 – 10%. Этот допуск возможен потому, что большое индуктивное сопротивление обмоток машины уменьшает кажущийся ток между двумя источниками, и результирующий уравнивающий ток добавляет всего пару вольт в линию.

РУЧНАЯ ПОДСТРОЙКА ЧАСТОТЫ

Система синхронизации имеет в своем составе **СИНХРОНОСКОП**. Это прибор, который позволяет оператору видеть разность частот генератора и общей системы шин. Синхроскоп представляет из себя прибор с вращающимся указателем, скорость вращения которого пропорциональна разности частот генератора и общей системы шин. Оператор подстраивает регулятор оборотов установки таким образом, чтобы уравнивать частоту генератора с частотой общей системы шин. На практике синхроскоп будет вращаться все медленней по мере того, как частоты генератора и шин будут сближаться. Опытный оператор включит выключатель, когда синхроскоп будет совершать один оборот за 5 секунд. Включение выключателя занимает около 350 мс, и это должно быть принято во внимание, когда сигнал на включение будет дан приближением указателя синхроскопа к положению «в фазе».

Эти системы требуют по крайней мере первоначальных капитальных затрат. Для включения двух генераторов в параллель необходимо присутствие оператора. При ручном включение в параллельную работу требуется, чтобы перед включением выключателя вручную на нагрузку оператор подстроил скорость и возбуждение обеих генераторных установок для достижения синхронизма. Такие системы не используются в аварийных системах резервирования, которые должны запускаться автоматически без вмешательства персонала в случае пропадания сети.

Ручная синхронизация требует наличия следующего оборудования:

- **СИНХРОНОСКОП**, показывающий разность частот на системе общих шин и на генераторе.
- **КОНТРОЛЬНЫЙ СИНХРОНИЗАТОР**, который не позволяет включать выключатель не в фазе или когда разница напряжений слишком большая.
- **ДВА ВОЛЬТМЕТРА**, один - на генераторной установке и один – на общих шинах.
- **ДВА ИНДИКАТОРА ЧАСТОТЫ**, один - на генераторной установке и один – на общих шинах.
- **РЕЛЕ ОБРАТНОЙ МОЩНОСТИ** для защиты генератора при неправильной ручной синхронизации.
- Необходимый **ПРИВОД ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ** и схема управления для включения генераторного выключателя на шины по команде оператора.
- **РЕЛЕ ОТСУТСТВИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ШИНАХ**, для определения состояния общих шин при включении первой установки на систему шин.

УРАВНИТЕЛЬНЫЙ ТОК

При работе двух генераторов в параллель, если их напряжения не равны, на их выводах присутствует разность потенциалов. Разность потенциалов является причиной протекания тока между выводами машин. Результирующий ток называется **УРАВНИТЕЛЬНЫМ ТОКОМ**. Уравнительный ток, возникающий между генераторами переменного тока, работающими в параллель, имеет реактивную составляющую, которая зависит от нагрузки и реактивного сопротивления генератора.

Уравнительные токи нежелательны, поскольку они приводят к ненужному нагреву генератора и раннему старению машины.

Должны быть приняты меры для уменьшения уравнительного тока до уровня менее приблизительно 5% от номинального тока генератора. Эти меры позволяют достичь **УРАВНИВАНИЯ РЕАКТИВНОГО ТОКА**.

УРАВНИВАНИЕ РЕАКТИВНОГО ТОКА

Это происходит при работе параллельных генераторных систем, когда реактивная составляющая тока нагрузки делится между генераторными установками пропорционально их мощности. Это значит, что две установки одинакового размера будут выдавать в нагрузку реактивные токи одинаковой величины.

Две установки, одна из которых в два раза мощнее другой, будут делить реактивный ток следующим образом: большая произведет в два раза больше реактивного тока, чем меньшая. На практике, когда две генераторных установки работают в параллель, такого в действительности не происходит. Возбуждение генераторов, работающих в параллель, должно быть настроено таким образом, чтобы компенсировать этот реактивный или **КВАДРАТИЧНЫЙ** ток. Есть два метода уравнивания реактивного тока:

КВАДРАТУРНАЯ СТАТИЧЕСКАЯ КОМПЕНСАЦИЯ

Квадратурная статическая компенсация заключается в дополнительном трансформаторе тока, установленном на фазе, которая не подключена к АРН (в случае двухфазного АРН). Выходное напряжение этого ТТ суммируется с опорным напряжением АРН. Результатом этого сложения является напряжение управления, которое уменьшает возбуждение с ростом реактивного тока, протекающего через генераторную установку. Другими словами, напряжение уменьшается пропорционально росту реактивного тока.

Получающееся уменьшение считываемого напряжения вызывает увеличение выходного напряжения с импортом реактивной энергии.

Получающееся увеличение считываемого напряжения вызывает уменьшение выходного напряжения с экспортом реактивной энергии.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ КОМПЕНСАЦИЯ ТОКА

Квадратурная компенсация тока является одним методом регулирования уравнительного тока и обеспечения уравнивания реактивного тока между параллельно работающими генераторными установками. Квадратурная токовая компенсация является индивидуальной компенсацией, потому что применяется к каждой параллельно работающей установке. Другой метод уравнивания реактивного тока – дифференциальная компенсация. Этот метод использует все квадратурные токи и работает только на токе небаланса, вне зависимости от нагрузки генераторных установок.

РУЧНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ И ПРОЦЕДУРА ДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ

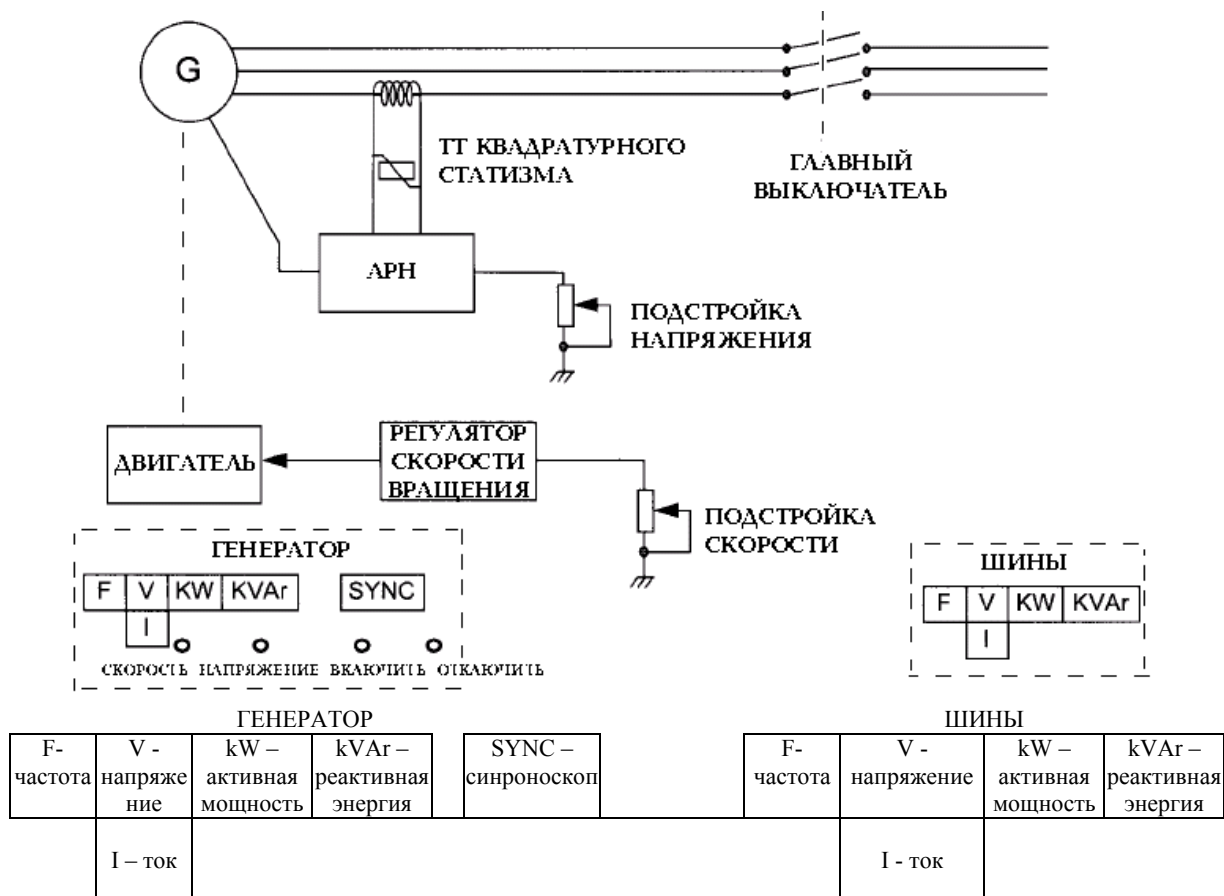
Для ручного управления двумя параллельно работающими генераторными установками с делением нагрузки требуется следующее оборудование:

- Для мониторинга **НАПРЯЖЕНИЯ, ТОКА, ЧАСТОТЫ, ПОРЯДКА ЧЕРЕДОВАНИЯ ФАЗ, АКТИВНОЙ И РЕАКТИВНОЙ ЭНЕРГИИ** генератора
- Синхроскоп
- Устройство подстройки уровня напряжения на блоке автоматического регулятора напряжения с настраиваемой **КОМПЕНСАЦИЕЙ КВАДРАТУРНОГО ТОКА**, которая будет обеспечивать снижение напряжения на 2,5% и более пропорционально квадратурному току.
- Устройство подстройки скорости вращения на регуляторе оборотов каждого генератора. Регулятор имеет наклон характеристики 3% и более.
- Управление **ВКЛЮЧЕНИЕМ И ОТКЛЮЧЕНИЕМ** выключателя.

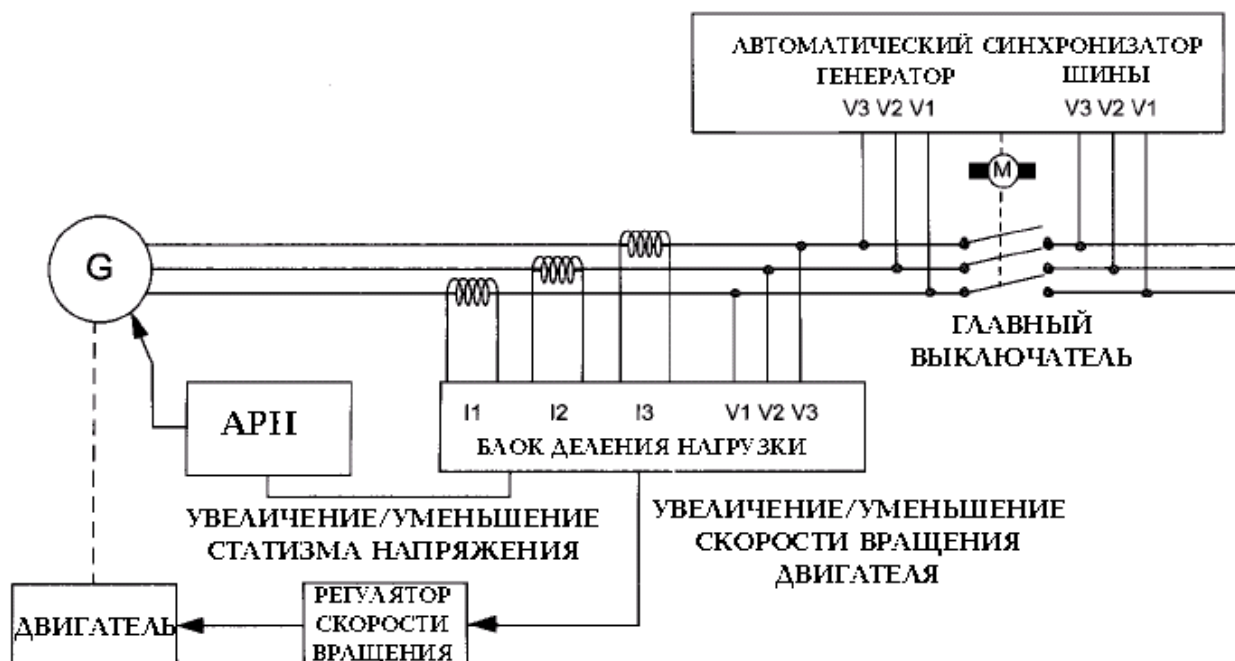
Типовая процедура для включения в параллельную работу двух генераторов ГЕН№1 и ГЕН№2, работающих изолированно от сети, должна быть такой:

1. Запустить ГЕН№1. По достижению номинальной скорости нагрузку не включать. Проверить напряжение генератора и, если надо, подстроить.
2. Проверьте чередование фаз ГЕН№1.
3. Запустить ГЕН№2. По достижению номинальной скорости нагрузку не включать. Проверить напряжение генератора и, если надо, подстроить.
4. Проверьте чередование фаз ГЕН№2.
5. Включите синхроскоп на ГЕН№1 и ГЕН№2, работающие без нагрузки.
6. Подстройте скорость, пока синхроскоп не начнет вращаться очень медленно.
7. Окончательно проверьте, что напряжения равны в пределах 1%, подстройте, если необходимо.
8. При достижении синхронизма включите выключатель; наблюдайте уравнивающий ток по амперметрам. Если он превышает 5% номинального, проверьте уставки напряжения и полярность на блоке компенсации (обратная полярность).
9. Увеличивайте нагрузку до достижения полной нагрузки при работе в параллель. Может понадобиться некоторая подстройка одного из топливных регуляторов для обеспечения баланса показаний киловаттметра.
10. Сравните показания амперметров с показаниями киловаттметра. Они должны отличаться не более, чем на 5%.
11. Если показания амперметров выходят за 5%, это значит что машина с большим током перевозбуждена и требуется больший наклон характеристики для компенсации. Увеличьте сопротивление регулирования статизма на этой машине.
12. При полной нагрузке на ГЕН№1 и ГЕН№2 уменьшайте внешнюю нагрузку по 20% от полной нагрузки каждый раз. При каждом уменьшении нагрузки показания киловаттметра и амперметра должны уменьшаться на 20% от полной нагрузки. Любое отклонение показаний любого прибора более чем на 5% требует коррекции.
13. Неадекватное деление активной мощности означает неисправность первичного двигателя, наиболее вероятно – регулятора топлива.
14. Неадекватные показания амперметров при полной нагрузке означают неправильную величину статизма.
15. Неадекватные показания амперметров при режимах, близких к холостому ходу, означают неправильную настройку уровня напряжения.

Стр. 3-76



ТИПОВАЯ СИСТЕМА РУЧНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ В ПАРАЛЛЕЛЬ И ДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ



ТИПОВАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ВКЛЮЧЕНИЯ НА ПАРАЛЛЕЛЬНУЮ РАБОТУ И ДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ

АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПРИВЕДЕНИЕ В СООТВЕТСТВИЕ НАПРЯЖЕНИЯ, ЧАСТОТЫ И СДВИГА ФАЗЫ

Автоматическое приведение в соответствие напряжения, частоты и сдвига фазы достигается с помощью **БЛОКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ**. Это электронная система управления, подключенная прямо к регулятору оборотов для изменения скорости вращения, и с помощью **ПОТЕНЦИОМЕТРА С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ** в блоке АРН способная изменять напряжение.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПРИВЕДЕНИЕ В СООТВЕТСТВИЕ ЧАСТОТЫ И СДВИГА ФАЗЫ

Когда напряжение генератора достигает примерно 50% выходного напряжения, блок автоматической синхронизации сравнивает частоту генератора с частотой на общих шинах. Если есть разница, блок автоматической синхронизации посылает сигнал в регулятор оборотов для приведения скорости вращения генератора в соответствие с частотой на шинах.

Когда разность частот приблизительно $\pm 0,2$ Гц, сдвиг фазы генератора также сравнивается со сдвигом фазы шины. Блок автоматической синхронизации выдает управляющий сигнал в регулятор оборотов для приведения разницы сдвига фазы между генератором и шинами внутрь допустимых пределов (обычно от $\pm 5^\circ$ до $\pm 20^\circ$ при 50 Гц).

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПОДГОНКА НАПРЯЖЕНИЯ

Входное напряжение сравнивается с напряжением шин. Если напряжение генератора выходит за допустимые пределы (обычно от $\pm 1\%$ до $\pm 15\%$), блок автоматической синхронизации выдает сигнал на АРН поднять или опустить напряжение генератора.

Когда все параметры – частота, сдвиг фаз и напряжение – находятся в допустимых пределах, блок автоматической синхронизации посылает сигнал на привод выключателя включить генератор на шины.

Для автоматической синхронизации требуется наличие следующего оборудования:

- Блок **АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ**, включающий **РЕЛЕ ОТСУТСТВИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ШИНАХ** и **ПОТЕНЦИОМЕТР С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ**.
- Необходимый **ПРИВОД ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ** и схема управления для включения генераторного выключателя на шины по команде блока автоматической синхронизации.

Кроме того, системы автоматической синхронизации часто включают следующие приборы, которые не являются необходимыми для автоматической синхронизации:

- **СИНХРОНОСКОП**, показывающий разность частот между общими шинами и генератором.
- **КОНТРОЛЬНЫЙ СИНХРОНИЗАТОР**, который не позволяет включить выключатель, пока напряжения генератора и на шинах не находятся в фазе.
- **ДВА ВОЛЬТМЕТРА**, один на генераторе, другой на шинах.
- **ДВА УКАЗАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ**, один на генераторе, другой на шинах.

АВТОМАТИЧЕСКИ-РУЧНЫЕ СИСТЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ

Это комбинация оборудования, необходимого для автоматической и ручной синхронизации, которое позволяет применять ЛЮБОЙ метод синхронизации.

ПОРЯДОК ВКЛЮЧЕНИЯ В ПАРАЛЛЕЛЬНУЮ РАБОТУ

В автоматических системах синхронизации необходимо описать схему синхронизации каждой установки по очереди и включения нагрузки. Автоматические системы синхронизации применяются в установках без обслуживающего персонала, часто в резервных установках.

Например, если пять установок в параллельной системе аварийного резервирования запустятся одновременно, одна достигнет номинальных оборотов и напряжения первой. В условиях резервирования важно, чтобы, как только первая установка достигнет номинальных характеристик, она бы сразу синхронизировалась с общими шинами. Логика управления, определяющая последовательность или порядок включения в параллель, подпадает под одну из следующих категорий.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ В ПАРАЛЛЕЛЬ

Системы, сформированные для работы по этому принципу, экономичные, но наиболее медленные. Системы последовательной синхронизации включают в себя генераторные установки, каждой из которых назначена очередность. При получении сигнала на запуск система запустит все установки, установка, назначенная **НОМЕРОМ ПЕРВЫМ**, будет включена на шины первой, вне зависимости от того, какая установка действительно достигнет номинальных оборотов и напряжения первой. Работа по такому последовательному принципу требует наличия только одного синхронизатора, что улучшает экономичность, но уменьшает надежность и скорость работы. Если одна из установок медленно запускается или не пускается совсем, срабатывание всей системы замедлится из-за этой одной установки.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ В ПАРАЛЛЕЛЬ В ПРОИЗВОЛЬНОЙ ОЧЕРЕДНОСТИ

Системы, сформированные для работы по этому принципу, более сложные но имеют преимущества в скорости и надежности. При работе по этому принципу первая установка, достигшая номинальных оборотов и напряжения, будет первой синхронизироваться с общими шинами и начнет брать нагрузку. Этот метод также имеет преимущество по запасу, так как если одна установка не запустится, она не будет мешать остальным взять как можно больше нагрузки, даже если не полную нагрузку объекта – определенная логика включена в систему для предотвращения попытки двух установок, запустившихся одновременно, запитать шины, на которых нет напряжения, несинхронно друг относительно друга.

БЛОК АВТОМАТИЧЕСКОГО ДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ

Системы автоматического деления нагрузки широко доступны. Они могут использоваться вместе с блоками автоматической синхронизации для обеспечения полностью автоматического включения в параллель и деления нагрузки. Эти системы полностью исключают необходимость участия оператора в синхронизации и делении нагрузки в параллельно работающих генераторных установках. Таким образом, автоматические системы являются идеальными для систем резервирования с параллельными генераторами.

Блок автоматического деления нагрузки работает со значениями выходного тока и напряжения генераторов, выводя из них активную и реактивную мощность генератора. Он сравнивает эти вычисленные значения с точкой уставки в соответствии уровнем нагрузки установки. Будучи связанным напрямую с регулятором оборотов и через потенциометры с электроприводом с цепями статизма АРН блока деления нагрузки, он подстраивает скорость и наклон характеристики напряжения таким образом, чтобы поддерживать требуемую долю активной и реактивной мощности в нагрузке, питаемой генератором.

СГЛАЖИВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ НАГРУЗКИ

Это дополнительная функция, реализуемая блоками автоматического деления нагрузки, хотя и не имеющая прямого отношения к параллельной работе.

Модули деления нагрузки также включают функцию, которая **ЧУВСТВУЕТ ИЗМЕНЕНИЯ НАГРУЗКИ** и подстраивает топливный регулятор соответственно **ПРЕЖДЕ, ЧЕМ РЕГУЛЯТОР ПОЧУВСТВУЕТ ИЗМЕНЕНИЕ КАК ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТИ**. При этом устойчивость системы улучшается на 25 – 30%.

Это реализуется считыванием напряжения и тока на шинах, которое изменяет подачу топлива перед тем, как изменение будет почувствовано на маховике.

ВКЛЮЧЕНИЕ В ПАРАЛЛЕЛЬ С СЕТЬЮ

Работа в параллель с сетью требуется в следующих случаях:

- **ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОБРАТНОГО ПЕРЕВЕДЕНИЯ НАГРУЗКИ НА СЕТЬ ПОСЛЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НОРМАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ БЕЗ ПЕРЕРЫВА ПИТАНИЯ**
- **ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ В СЕТЬ**
- **ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПЕРЕВОДА НАГРУЗКИ ОБЪЕКТА С СЕТИ БЕЗ ПЕРЕРЫВА ПИТАНИЯ ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ СЕТИ**

Параллельная работа с сетью является работой в параллель на шины бесконечной мощности. Параллельная работа с сетью не должна применяться там, где имеются частые отключения электроэнергии или большие перепады напряжения. Параллельная работа с сетью должна выполняться по специальному соглашению между оператором генераторной установки и электроснабжающей организацией. Электроснабжающая организация устанавливает требования по электрической защите установки, которая будет синхронизироваться с сетью, для защиты сети.

В Великобритании эти требования опубликованы Отделом Техники и Безопасности Электрической Ассоциации в форме Технических Рекомендаций. Рекомендация G.59/1 озаглавлена:

«РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДКЛЮЧЕНИЮ ВСТРОЕННЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК К РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМ СЕТЯМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ»

Там описываются:

- **ЮРИДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**
- **ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ**
- **ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ЗАЗЕМЛЕНИЯ**
- **АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И БЕЗОПАСНОСТИ**
- **ТЕХНИЧЕСКИЕ СООБРАЖЕНИЯ**

Рекомендации соответствующих местных органов (в Великобритании – Региональные Электрические Компании) должны быть изучены, прежде чем рассматривать вопрос о включении в параллель.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В ПАРАЛЛЕЛЬ С СЕТЬЮ

Как минимум, для параллельной работы с сетью необходимо следующее оборудование:

- **РЕЛЕ ВЕКТОРНОГО СДВИГА (РЕЛЕ ПОТЕРИ СЕТИ)**
- **РЕЛЕ ПОТЕРИ ВОЗБУЖДЕНИЯ**
- **РЕЛЕ ОБРАТНОЙ МОЩНОСТИ**
- **ВЫСОКОЕ / НИЗКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ**
- **ВЫСОКАЯ / НИЗКАЯ ЧАСТОТА**

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Системы, предназначенные для работы в различных конфигурациях, могут привести к появлению сложных и дорогостоящих требований к управлению.

РЕЛЕ ВЕКТОРНОГО СДВИГА (РЕЛЕ ПОТЕРИ СЕТИ)

Параллельная работа установок часто требуется в системах резервирования, но, кроме этого, они применяются также для снижения максимума нагрузки. Для поддержания функции резервирования и защиты энергосистемы во время максимума нагрузки требуется векторное реле для определения пропадания сети при работе в параллель с сетью.

СОЕДИНЕНИЕ НЕЙТРАЛИ И ЗАЗЕМЛЕНИЕ

При использовании нескольких генераторных установок, работающих на одну нагрузку вместе или индивидуально жизненно важно с точки зрения эксплуатации и безопасности, чтобы схема заземления была тщательно разработана. Схема заземления, соединения нейтралей между собой и с заземляющими проводниками должна годиться для каждого режима работы многогенераторной системы, один ли генератор работает, или два в параллель. Это должно быть сделано для:

- **ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОЕДИНЕНИЯ С ЗЕМЛЕЙ ПРИ ЛЮБЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ МНОГОГЕНЕРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ.**
- **ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОСТОЯННОГО НАЛИЧИЯ ОБРАТНОГО ПУТИ ДЛЯ ТОКА В ЗЕМЛЮ**
- **ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕНАРУШЕНИЯ КОНТУРА ЗАЗЕМЛЕНИЯ В ЛЮБОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ**

РЕЛЕ ПОТЕРИ ПОЛЯ ИЛИ ПОТЕРИ ВОЗБУЖДЕНИЯ

Это обязательная защитная система для работы в параллель с сетью, которая определяет наличие поля возбуждения генераторной установки при работе в параллель с другой установкой или с сетью. Если поле или напряжение возбуждения исчезнет, генератор перейдет в режим двигателя, питаемого сетью или другой установкой. Это может привести к повреждению генератора и двигателя. Реле потери поля или потери возбуждения определит потерю возбуждения, заглушит двигатель и отключит генератор от шин.

ЧАСТЬ 4 – ТРЕБОВАНИЯ К МЕСТУ УСТАНОВКИ И АНАЛИЗ НАГРУЗКИ

УКАЗАТЕЛЬ

НАЗНАЧЕНИЕ ГЕНЕРАТОРА	3
ЗАЯВЛЕННАЯ МОЩНОСТЬ В СООТВЕТСТВИИ С ISO 8528	4
ВИДЫ МОЩНОСТИ	4
ДЛИТЕЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ	5
ПЕРВИЧНАЯ МОЩНОСТЬ	6
ОГРАНИЧЕННАЯ ПО ВРЕМЕНИ ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ МОЩНОСТЬ	8
АНАЛИЗ КОЭФФИЦИЕНТА НАГРУЗКИ	10
ТАБЛИЦА ПРИБЛИЖЕННОГО РАСЧЕТА СРЕДНЕГО КОЭФФИЦИЕНТА НАГРУЗКИ – <u>РЕЗЕРВНАЯ МОЩНОСТЬ</u>	11
ТАБЛИЦА ПРИБЛИЖЕННОГО РАСЧЕТА СРЕДНЕГО КОЭФФИЦИЕНТА НАГРУЗКИ <u>ПЕРВИЧНАЯ МОЩНОСТЬ – НЕОГРАНИЧЕННАЯ ПО ВРЕМЕНИ</u>	12
ТАБЛИЦА ПРИБЛИЖЕННОГО РАСЧЕТА СРЕДНЕГО КОЭФФИЦИЕНТА НАГРУЗКИ <u>ПЕРВИЧНАЯ МОЩНОСТЬ – ОГРАНИЧЕННАЯ ПО ВРЕМЕНИ</u>	13
ТАБЛИЦА ПРИБЛИЖЕННОГО РАСЧЕТА СРЕДНЕГО КОЭФФИЦИЕНТА НАГРУЗКИ <u>ДЛИТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ</u>	14
ТРЕБОВАНИЯ К МЕСТУ УСТАНОВКИ	15
ОКРУЖАЮЩАЯ ТЕМПЕРАТУРА В МЕСТЕ УСТАНОВКИ	16
ХОЛОДНЫЙ ПУСК ГЕНЕРАТОРА	17
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ХОЛОДНОМ КЛИМАТЕ	17
СНИЖЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ	19
СНИЖЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ С РОСТОМ ВЫСОТЫ НАД УРОВНЕМ МОРЯ	20
СНИЖЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ С РОСТОМ ВЫСОТЫ НАД УРОВНЕМ МОРЯ	21
ВЛАЖНОСТЬ В МЕСТЕ УСТАНОВКИ	22
СОДЕРЖАНИЕ ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ	23
ДРУГИЕ ТРЕБОВАНИЯ К МЕСТУ УСТАНОВКИ	24
АНАЛИЗ НАГРУЗКИ	25
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРИЛОЖЕНИЯ	25
ПРОЦЕДУРА ВЫБОРА ГЕНЕРАТОРА	26

КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ	27
1. СУММИРОВАНИЕ НАГРУЗОК В ГРАФИКЕ НАГРУЗОК	28
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ НАГРУЗОК	29
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ НАГРУЗОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК	30
ОДНОФАЗНАЯ НАГРУЗКА В ТРЕХФАЗНЫХ СИСТЕМАХ	31
ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ТРЕХФАЗНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ОДНОФАЗНЫХ НАГРУЗОК	31
НАГРУЗКИ В УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ	32
ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ	33
ХАРАКТЕРИСТИКИ ОДНОФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ НАГРУЗКИ	35
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ НАГРУЗКИ	37
ПУСКОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ	38
ОБЫЧНЫЕ МЕТОДЫ ПУСКА ДВИГАТЕЛЕЙ	40
ПУСК ПРЯМЫМ ВКЛЮЧЕНИЕМ	41
ПУСК ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕМ ЗВЕЗДА-ТРЕУГОЛЬНИК	43
АВТОТРАНСФОРМАТОРНЫЙ ПУСК	45
МЯГКИЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ПУСК	46
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУСКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЕЙ	47
ДВИГАТЕЛИ КЛАССА А	49
ДВИГАТЕЛИ КЛАССА В	49
ДВИГАТЕЛИ КЛАССА С	49
ДВИГАТЕЛИ КЛАССА D	49
ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ НАГРУЗКИ	51
ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКИ	52
ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕКУПЕРАТИВНОЙ НАГРУЗКИ	56
ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИКЛИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ	57
ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕМКОСТНОЙ НАГРУЗКИ	58
ЧУВСТВИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	59
ТРЕБОВАНИЯ К МЕСТУ УСТАНОВКИ И АНАЛИЗ НАГРУЗКИ – ОПРОСНЫЙ ЛИСТ	63

4-3

НАЗНАЧЕНИЕ ГЕНЕРАТОРА

Назначение – это термин, используемый для обозначения того, каким образом генераторная установка будет применяться в течении ее срока службы.

Назначение поршневого двигателя внутреннего сгорания для привода генератора определено международными стандартами.

Назначение генератора определено международными стандартами.

При выборе генератора для любого применения для долгой работы установки очень важно, чтобы назначение генераторной установки было реалистично определено на стадии выбора генератора.

Идея использовать резервный генератор там, где он будет постоянно работать, может показаться привлекательной и соблазнительной с финансовой точки зрения в свете начальных капитальных вложений. Долгосрочное обслуживание/ремонт и последующая замена такого генератора потребует вскоре таких средств, которые намного перевесят кажущуюся и ложную экономию капитальных вложений.

ВСЕГДА ИСПОЛЬЗУЙТЕ ГЕНЕРАТОРЫ НАИБОЛЕЕ ПОДХОДЯЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Все определения назначения генератора предполагают, что рекомендованное обслуживание установки выполняется должным образом.

ЗАЯВЛЕННАЯ МОЩНОСТЬ В СООТВЕТСТВИИ С ISO 8528

Номиналы составных частей, которые заявляются производителями, обычно являются выходными параметрами, и могут быть приняты за основу при проектировании генераторной установки для работы в стандартных условиях. Однако может быть дополнительное оборудование, которое снизит величину мощности, которая может быть передана потребителю в виде электрической энергии (кВтэ).

Зарядный генератор и вентилятор радиатора – это два стандартных компонента. Некоторые производители учитывают их влияние в публикуемых данных мощности, другие – нет, и это должно оговариваться. Если влияние этих компонентов не учитывается, необходимо вычесть мощность, которую они потребляют, из номинальной заявленной мощности.

Каминз заявляет общую мощность двигателя в своих спецификациях, не включая вентилятор и зарядный генератор.

ВИДЫ МОЩНОСТИ

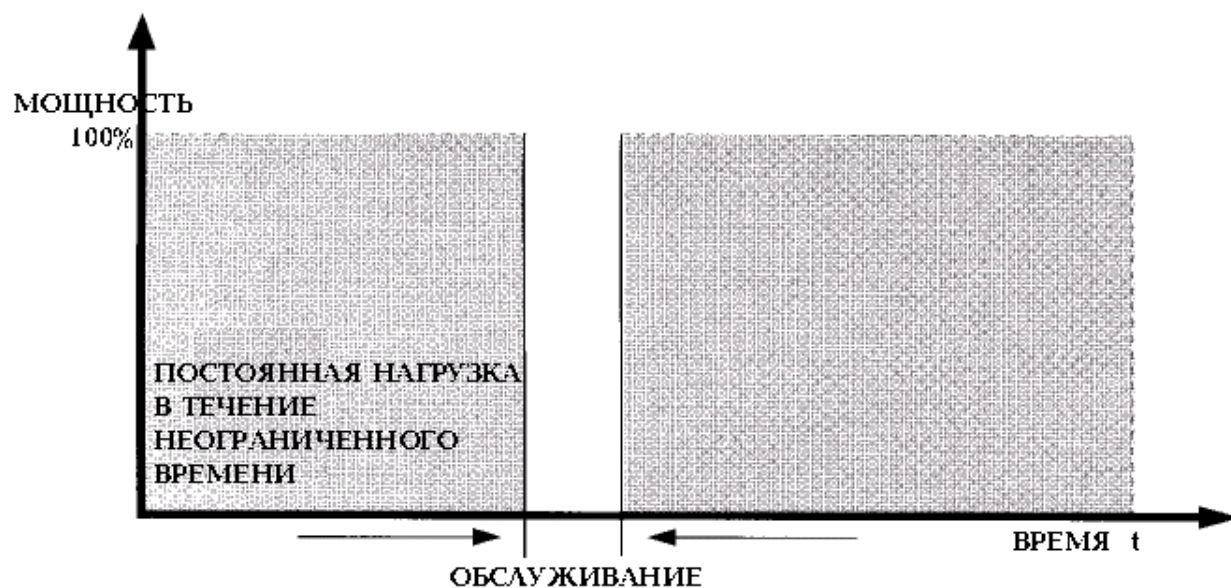
При выборе наиболее подходящего для данного применения и типа нагрузок первичного двигателя необходимо принимать во внимание виды мощности, которые способен вырабатывать первичный двигатель. Стандартные заявляемые три вида мощности:

- **ДЛИТЕЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ**
- **ПЕРВИЧНАЯ МОЩНОСТЬ**
- **МОЩНОСТЬ, ОГРАНИЧЕННАЯ ПО ВРЕМЕНИ**

При всех трех видах мощности важно обеспечить правильное выполнение предписанного производителем технического обслуживания.

4-5

ДЛИТЕЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ



СОР = Длительная мощность – это такая мощность, которую генераторная установка способна вырабатывать постоянно в течении неограниченного количества часов в год между определенными интервалами обслуживания при установленных условиях окружающей среды. Обслуживание должно выполняться в соответствии с предписаниями производителей.

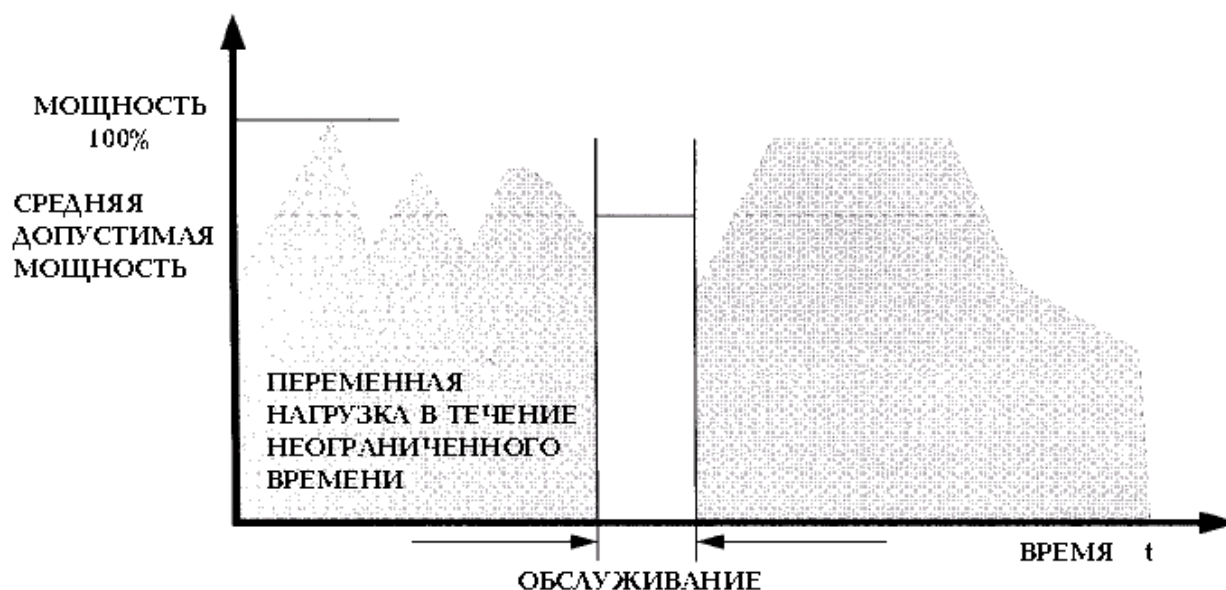
Рабочий цикл для этого вида мощности состоит в обеспечении постоянной мощности без переходных перегрузок. Генератор переменного тока, схема управления и коммутационные аппараты выбираются, чтобы соответствовать имеющейся мощности.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОНЯТИЯ НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ФИРМОЙ КАМИНЗ

Понятие **ДЛИТЕЛЬНАЯ НОМИНАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ** применяется для питающей мощности при постоянной 100% нагрузке в течении неограниченного количества часов в год. Перегрузочная способность неприменима для этого понятия.

4-6

ПЕРВИЧНАЯ МОЩНОСТЬ



Очередность изменения нагрузки в процентах должна быть подтверждена.

PRP = Первичная мощность – это максимальная мощность переменной нагрузки, которую генераторная установка может вырабатывать в течении неограниченного количества часов в год между определенными интервалами обслуживания при определенных условиях окружающей среды. Обслуживание должно выполняться в соответствии с предписаниями производителей.

Допустимый средний уровень мощности в течении 24-часового периода не должен превышать уровень первичной мощности в процентах, устанавливаемый производителем двигателя. Если уровень выходной фактической мощности определен в менее чем 30%, величина первичной мощности должна быть принята равной 30%, и время простоя не должно учитываться.

ПРИМЕЧАНИЕ

ФАКТИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ В ПРОЦЕНТАХ, КОТОРАЯ МОЖЕТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНА В ТЕЧЕНИИ 24-ЧАСОВОГО ПЕРИОДА, ЗАЯВЛЯЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕМ ПЕРВИЧНОГО ДВИГАТЕЛЯ.

Назначением этого главного вида мощности является обеспечение резервирования генераторной установкой основного коммерческого электропитания в случае аварии. В основном вид мощности, доступный теперь, позволяет запускать двигатели различных типов, ИБП и тиристорные нагрузки с максимальной доступной номинальной мощностью.

Когда эти критические нагрузки запущены и работают в нормальном режиме, фактическая потребность в мощности уменьшается до нижнего уровня. Этот нижний уровень может быть заявлен как средняя допустимая мощность для первичного двигателя, или она может быть меньше, и тогда не допускается включать никаких дополнительных нагрузок.

4-7

Генераторы переменного тока, схемы управления и коммутационные аппараты выбираются таким образом, чтобы обеспечить максимальную потребность в пиковых нагрузках, и вместе с тем любые заявленные переходные провалы напряжения.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОНЯТИЯ НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ФИРМОЙ КАМИНЗ

Понятие **ПЕРВИЧНАЯ НОМИНАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ** применяется для поставляемой электрической мощности вместо коммерческой приобретаемой мощности. Первичная мощность должна быть в форме одной из следующих двух категорий:

НЕОГРАНИЧЕННАЯ ПО ВРЕМЕНИ ПЕРВИЧНАЯ МОЩНОСТЬ

Первичная мощность, доступная в течении неограниченного количества часов в месяц при питании переменной нагрузки. Переменная нагрузка не должна превышать в среднем 70% номинальной первичной мощности в течении любого периода работы длительностью 250 часов.

Суммарное время работы при нагрузке в 100% от первичной мощности не должно превышать 500 часов в год.

Перегрузка в 10% допустима в течении 1 часа в 12-часовой период. Полное время работы с 10% перегрузкой не должно превышать 25 часов в год.

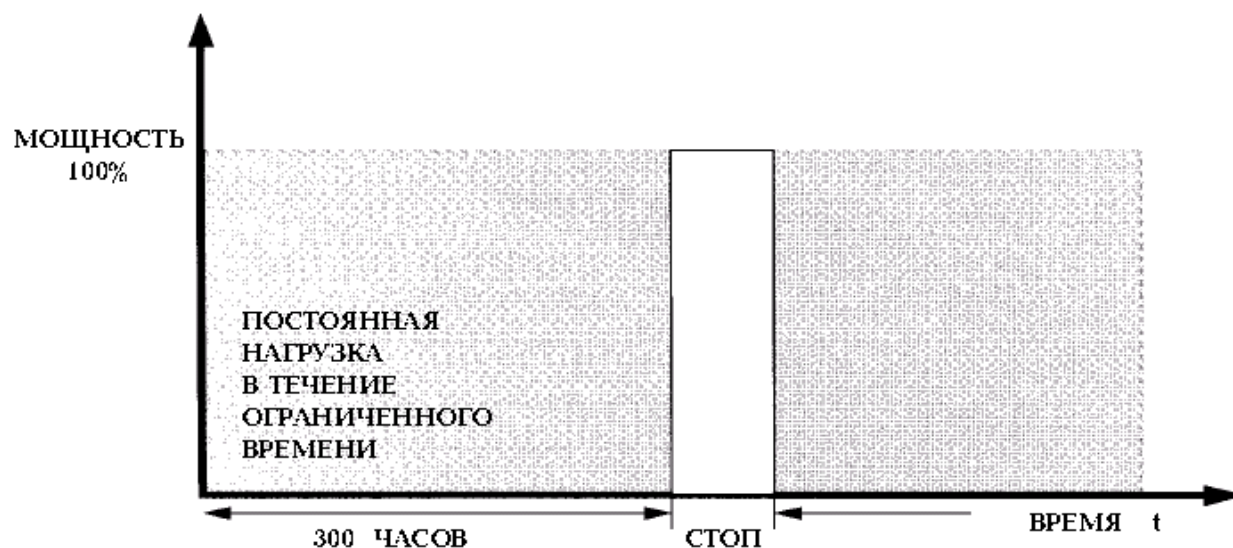
ОГРАНИЧЕННАЯ ПО ВРЕМЕНИ ПЕРВИЧНАЯ МОЩНОСТЬ

Первичная мощность доступна в течении ограниченного количества часов при неизменной нагрузке. Она предназначена для использования в случаях, когда отсутствие электроэнергии обусловлено заранее, например, при ограничении мощности сети.

Двигатели могут работать параллельно на централизованную сеть до 750 часов в год с мощностью, не превышающей уровень первичной мощности. Покупатель должен быть тем не менее предупрежден о том, что срок службы любого двигателя уменьшается при постоянной работе с большой нагрузкой. При длительности работы с первичной мощностью, превышающей 750 часов в год, нужно использовать понятие «Длительная мощность».

4-8

ОГРАНИЧЕННАЯ ПО ВРЕМЕНИ ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ МОЩНОСТЬ



LTP = Ограниченная по времени эксплуатационная мощность – это максимальная мощность, которую генераторная установка способна выработать в течении 500 часов в год, из которых максимум 300 часов – длительная эксплуатация, при определенных условиях окружающей среды. Обслуживание должно выполняться в соответствии с предписаниями производителей. Допускается, что эксплуатация в таком режиме будет влиять на срок службы установки.

Назначением этого вида мощности является также резервирование коммерческого электроснабжения на случай аварии.

Отличие LTP от PRP в том, что в случае аварии используется полная мощность двигателя, а не переменная нагрузка, как в случае PRP. Нет необходимости говорить, что в этом случае срок службы двигателя значительно меньше и мощность ограничена только возможностью разрушения двигателя.

Генераторы переменного тока, схемы управления и коммутационные аппараты выбираются таким образом, чтобы обеспечить максимальную потребность в пиковых нагрузках, и вместе с тем любые заявленные переходные провалы напряжения.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОНЯТИЯ НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ФИРМОЙ КАМИНЗ

Понятие **НОМИНАЛЬНАЯ РЕЗЕРВИРУЕМАЯ МОЩНОСТЬ** применяется для подводимой аварийной мощности на время отсутствия сети. В этом режиме не предусматривается перегрузочной способности. Ни при каких условиях двигатель, оцениваемый по резервируемой мощности, не должен работать в параллель с сетью. Эта оценка применяется в случаях наличия надежной сети централизованного электроснабжения. Двигатель для резервирования должен быть выбран для максимального среднего коэффициента нагрузки 80% и 200 часов эксплуатации в год. При этом работа с номинальной резервируемой мощностью должна составлять не более 25 часов в год. Оценка по резервируемой мощности не должна применяться кроме как для резервирования аварийных отключений. Отключения электроэнергии по договоренности с электрической компанией аварийными не считаются.

АНАЛИЗ КОЭФФИЦИЕНТА НАГРУЗКИ

Для выполнения правильного подбора мотора и генератора, необходимо ясно понимать смысл двух основных параметров: величины нагрузки в кВтэ и времени действия каждой нагрузки.

Следующие таблицы помогут выполнить анализ нагрузок и рабочих циклов. Они были специально разработаны для включения в руководства Каминз Энджин Компани для каждой из видов оценки мощности.

Для понимания ключевых параметров, которые описывают и определяют каждый вид оценки мощности, пожалуйста читайте преамбулу к каждой таблице. Прочитав описание характеристик, вы можете выбрать таблицу и начать анализ.

Использование этих таблиц приветствуется. Руководства по оценке требуемой мощности были разработаны с учетом вопросов долговечности двигателя и пределов сопротивления механическим и термическим нагрузкам, смоделированных и проанализированных на основе полевых испытаний. Отказ следования рекомендациям руководств может привести к выбору недостаточно мощного оборудования, что должно привести к уменьшению службы двигателя.

4-11

ТАБЛИЦА ПРИБЛИЖЕННОГО РАСЧЕТА СРЕДНЕГО КОЭФФИЦИЕНТА НАГРУЗКИ

РЕЗЕРВНАЯ МОЩНОСТЬ

Максимальная нагрузка = кВтэ = ISO (останов прекрывтием топлива),
возможность работы с перегрузкой отсутствует

Замечания:

Если любое из следующих утверждений верно, используйте таблицу для первичной мощности:

- (а) Количество часов работы в год при 100% коэффициенте нагрузки превышает 25.
- (б) Общее количество моточасов в год превышает 200.
- (в) Средний коэффициент нагрузки, посчитанный ниже, превышает 80% номинальной резервируемой мощности.

Диапазон нагрузки	Моточасов в год при данной нагрузке	Множитель	
100%	<input type="text"/>	x 1.00	= <input type="text"/>
90-99%	<input type="text"/>	x 0.95	= <input type="text"/>
80-89%	<input type="text"/>	x 0.85	= <input type="text"/>
70-79%	<input type="text"/>	x 0.75	= <input type="text"/>
60-69%	<input type="text"/>	x 0.65	= <input type="text"/>
50-59%	<input type="text"/>	x 0.55	= <input type="text"/>
40-49%	<input type="text"/>	x 0.45	= <input type="text"/>
30-39%	<input type="text"/>	x 0.35	= <input type="text"/>
0-29%	<input type="text"/>	x 0.30	= <input type="text"/>

Суммарное количество моточасов в год

Сумма

разделить на =
Сумма Суммарное количество моточасов в год Средний коэффициент нагрузки (%)

умножить на =
Средний коэффициент нагрузки (%) Максимальная нагрузка (кВтэ) LF_{avg} (кВтэ)

4-12

ТАБЛИЦА ПРИБЛИЖЕННОГО РАСЧЕТА СРЕДНЕГО КОЭФФИЦИЕНТА НАГРУЗКИ

ПЕРВИЧНАЯ МОЩНОСТЬ – НЕОГРАНИЧЕННАЯ ПО ВРЕМЕНИ

Максимальная нагрузка = кВтэ = Первичная мощность с ограниченной способностью к перегрузке

Замечания:

Если верно одно из следующих утверждений, используйте таблицу длительной или основной мощности:

(а) Количество моточасов в год при мощности, равной 110% первичной мощности, превышает 25.

(б) Количество моточасов в год при мощности, равной 100% первичной мощности, превышает 500.

(в) Средний коэффициент нагрузки, посчитанный ниже, превышает 70% номинальной первичной мощности.

Диапазон нагрузки	Моточасов в год при данной нагрузке	Множитель	
100%	<input type="text"/>	x 1.00	= <input type="text"/>
90-99%	<input type="text"/>	x 0.95	= <input type="text"/>
80-89%	<input type="text"/>	x 0.85	= <input type="text"/>
70-79%	<input type="text"/>	x 0.75	= <input type="text"/>
60-69%	<input type="text"/>	x 0.65	= <input type="text"/>
50-59%	<input type="text"/>	x 0.55	= <input type="text"/>
40-49%	<input type="text"/>	x 0.45	= <input type="text"/>
30-39%	<input type="text"/>	x 0.35	= <input type="text"/>
0-29%	<input type="text"/>	x 0.30	= <input type="text"/>

Суммарное количество моточасов в год

Сумма

разделить на =
Сумма Суммарное количество моточасов в год Средний коэффициент нагрузки (%)

умножить на =
Средний коэффициент нагрузки (%) Максимальная нагрузка (кВтэ) LF_{avg} (кВтэ)

4-13

ТАБЛИЦА ПРИБЛИЖЕННОГО РАСЧЕТА СРЕДНЕГО КОЭФФИЦИЕНТА НАГРУЗКИ

ПЕРВИЧНАЯ МОЩНОСТЬ – ОГРАНИЧЕННАЯ ПО ВРЕМЕНИ

Максимальная нагрузка = кВтэ = Нет перегрузочной способности по отношению к первичной номинальной мощности для выбранной модели

Замечания:

Если любое из следующих утверждений верно, используйте таблицу длительной или основной мощности:

(а) Суммарные моточасы в год превышают 750.

(в) Средний коэффициент нагрузки, посчитанный ниже, превышает 100% номинальной первичной мощности.

Диапазон нагрузки	Моточасов в год при данной нагрузке	Множитель	
100%	<input type="text"/>	x 1.00	= <input type="text"/>
90-99%	<input type="text"/>	x 0.95	= <input type="text"/>
80-89%	<input type="text"/>	x 0.85	= <input type="text"/>
70-79%	<input type="text"/>	x 0.75	= <input type="text"/>
60-69%	<input type="text"/>	x 0.65	= <input type="text"/>
50-59%	<input type="text"/>	x 0.55	= <input type="text"/>
40-49%	<input type="text"/>	x 0.45	= <input type="text"/>
30-39%	<input type="text"/>	x 0.35	= <input type="text"/>
0-29%	<input type="text"/>	x 0.30	= <input type="text"/>

Суммарное количество моточасов в год

Сумма

разделить на =
Сумма Суммарное количество моточасов в год Средний коэффициент нагрузки (%)

умножить на =
Средний коэффициент нагрузки (%) Максимальная нагрузка (кВтэ) LF_{avg} (кВтэ)

4-14

ТАБЛИЦА ПРИБЛИЖЕННОГО РАСЧЕТА СРЕДНЕГО КОЭФФИЦИЕНТА НАГРУЗКИ

ДЛИТЕЛЬНЫЙ ИЛИ ОСНОВНОЙ РЕЖИМ

Максимальная нагрузка = кВтэ = Нет перегрузочной способности по отношению к первичной номинальной мощности для выбранной модели

Замечания:

Если любое из следующих утверждений верно, используйте таблицу длительной или основной мощности:

(а) Суммарные моточасы в год превышают 750.

(в) Средний коэффициент нагрузки, посчитанный ниже, превышает 100% номинальной первичной мощности.

Диапазон нагрузки	Моточасов в год при данной нагрузке	Множитель	
100%	<input type="text"/>	x 1.00	= <input type="text"/>
90-99%	<input type="text"/>	x 0.95	= <input type="text"/>
80-89%	<input type="text"/>	x 0.85	= <input type="text"/>
70-79%	<input type="text"/>	x 0.75	= <input type="text"/>
60-69%	<input type="text"/>	x 0.65	= <input type="text"/>
50-59%	<input type="text"/>	x 0.55	= <input type="text"/>
40-49%	<input type="text"/>	x 0.45	= <input type="text"/>
30-39%	<input type="text"/>	x 0.35	= <input type="text"/>
0-29%	<input type="text"/>	x 0.30	= <input type="text"/>

Суммарное количество моточасов в год

Сумма

 разделить на =

Сумма

Суммарное количество
моточасов в год

Средний коэффициент
нагрузки (%)

ТРЕБОВАНИЯ К МЕСТУ УСТАНОВКИ

При выборе генераторной установки и вспомогательного оборудования к ней необходимо тщательно проанализировать условия в предполагаемом месте установки. В особенности для определения возможного влияния на работоспособность генераторной установки должны быть проанализированы следующие параметры:

- **ТЕМПЕРАТУРА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОБЪЕКТЕ**
- **ВЫСОТА НАД УРОВНЕМ МОРЯ ОБЪЕКТА**
- **ВЛАЖНОСТЬ НА ОБЪЕКТЕ**
- **СОДЕРЖАНИЕ ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ**



4-16

ОКРУЖАЮЩАЯ ТЕМПЕРАТУРА В МЕСТЕ УСТАНОВКИ

Окружающая температура – это температура окружающего воздуха в конкретном месте.

СНИЖЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ, СЛУЖАЩЕГО ДЛЯ ПРИВОДА ГЕНЕРАТОРА, ПРИ НАГРЕВЕ ВОЗДУХА

При высоких температурах мощность любого двигателя должна быть уменьшена. При нагреве окружающего воздуха выше 40°C требуется уменьшить нагрузку на двигатель Каминз, приводящий генератор.

ДВИГАТЕЛЬ	НЕ ТРЕБУЕТСЯ СНИЖАТЬ НАГРУЗКУ ДО	ВЫШЕ ЭТОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ТРЕБУЕТСЯ СНИЗИТЬ НАГРУЗКУ НА
4B3.9G	25°C (77°F)	2% НА 11°C
ВСЕ ДРУГИЕ	40°C (104°F)	2% НА 11°C

**ТАБЛИЦА 4-1 СНИЖЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЯ
С РОСТОМ ТЕМПЕРАТУРЫ**

4-17

ХОЛОДНЫЙ ПУСК ГЕНЕРАТОРА

При работе в режиме аварийного резервирования электрические генераторные установки должны быть способны запуститься и принять нагрузку спустя несколько секунд после того, как произойдет пропадание сети.

Большинство дизель-генераторных установок могут пускаться при низких температурах, но не могут брать полной нагрузки, пока не прогреются. По этой причине в холодном климате в генераторных установках, работающих в режиме аварийного резервирования, должны применяться нагреватели.

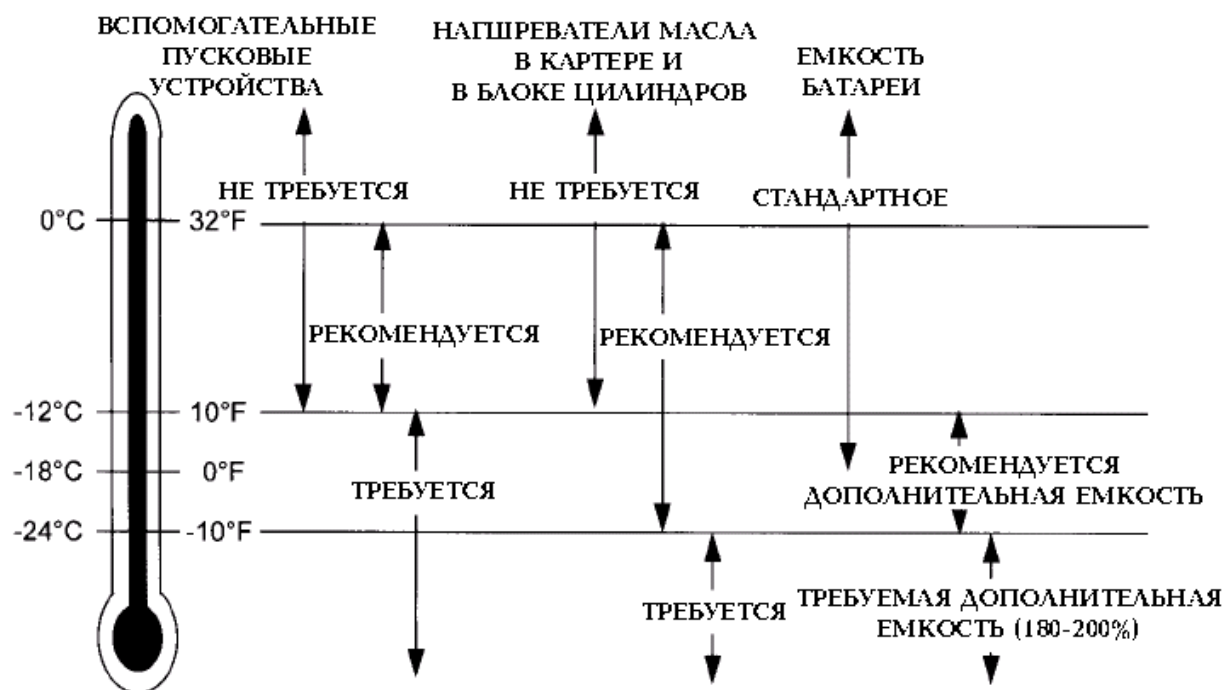
Вообще, чтобы генераторная установка могла взять нагрузку через 10 секунд после запуска, окружающая температура должна быть 4°C.

Существует несколько способов подогрева для поддержания этой температуры в генераторных установках. Необходимо справляться в заводской документации и использовать только рекомендуемые изготовителем способы подогрева. Ниже перечислены способы подогрева для поддержания температуры на уровне 4°C:

Большинство генераторных установок, использующих двигатели Каминз, запускаются при 4°C, но не берут нагрузку. Следовательно, резервные генераторные установки при этой и более низкой температуре должны иметь вспомогательные пусковые устройства.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА

Следующая диаграмма служит для определения требуемых вспомогательных устройств для холодного климата.



НАГРЕВАТЕЛИ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ

Они монтируются в водяной рубашке и подогревают блок цилиндров двигателя. Нагреватели охлаждающей жидкости рекомендуется применять при температурах между -10°C и $+10^{\circ}\text{C}$, где они являются единственным вспомогательным пусковым устройством. При температурах ниже приблизительно -10°C нагреватели охлаждающей жидкости должны применяться, при этих более низких температурах нагреватели охлаждающей жидкости должны работать в соединении с другими нагревателями, такими как нагреватели масла в картере. Нагреватели охлаждающей жидкости должны управляться термостатически и отключаться при пуске двигателя.

- **НАГРЕВАТЕЛИ МАСЛА**

Они монтируются в системе смазки. Нагреватели масла должны использоваться только в соединении с нагревателями охлаждающей жидкости. Отдельно от них нагреватели масла не эффективны. Нагреватели масла должны управляться термостатически и отключаться при пуске двигателя.

- **НАГРЕВАТЕЛИ ПАНЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ**

Они должны устанавливаться в панели управления для уменьшения уровня влажности и обеспечения надежной работы схемы управления и измерительного оборудования. Нагреватели панели управления, обычно конвекционного типа, должны управляться термостатически.



СНИЖЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ

Под наружной температурой для генераторов с воздушным охлаждением подразумевается температура входящего охлаждающего воздуха. Для температур выше 40°C необходимо применять снижение параметров.

ТЕМПЕРАТУРА, °C	КОЭФФИЦИЕНТ
45	0,97
50	0,94
55	0,91
60	0,88

**ТАБЛИЦА 4-2 СНИЖЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРА
С РОСТОМ ТЕМПЕРАТУРЫ**

СНИЖЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ С РОСТОМ ВЫСОТЫ НАД УРОВНЕМ МОРЯ

С увеличением высоты над уровнем моря мощность любого двигателя снижается. При расположении двигателей, служащих для привода генераторов, в высокогорных районах, должно применяться снижение допустимой нагрузки на машину на 4% при подъеме на каждые 1000 футов или 300 м.

ТАБЛИЦА 4-3 СНИЖЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЯ С РОСТОМ ВЫСОТЫ НАД УРОВНЕМ МОРЯ

Модель двигателя	Скорость вращения (об/мин)	Не требуется снижать параметры до (м) (футы)		Модель двигателя	Скорость вращения (об/мин) (м)	Не требуется снижать параметры до	
				КТА19G2	1500	1310	4300
4В3.9G	1500	150	500		1800	1525	5000
	1800	150	500	КТА19G3	1500	1525	5000
4ВТ3.9G1	1500	610	2000		1800	1525	5000
	1800	1525	5000	КТТА19G2	1500	1310	4300
4ВТ3.9G2	1500	150	500		1800	1525	5000
	1800	1220	4000	VTA28G1	1500	1525	5000
6ВТ5.9G1	1500	1370	4500		1800	1525	5000
	1800	2285	7500	VTA28G2	1500		
6ВТ5.9G2	1500	150	500		1800	915	3000
	1800	2285	7500	VTA28G3	1500	1310	4300
6СТ8.3	1500	610	2000		1800	915	3000
	1800	1525	5000	VTA28G5	1500	1220	4000
6СТА8.3G	1500	1525	5000		1800	1220	4000
	1800	1220	4000	КТА38G1	1500	1525	5000
LTA10G1	1500				1800	525	5000
	1800	1525	5000	КТА38G2	15000	1525	5000
LTA10G2	1500	1525	5000		1800	1525	5000
	1800	1220	4000	КТА38G3	1500	1525	5000
LTA10G3	1500	1525	5000		1800	1525	5000
	1800			КТА38G4	1500		
NT855G4	1500	1525	1500		1800	1525	5000
	1800	1525	5000	КТА38G5	1500	1525	5000
NT855G5	1500	1525	5000		1800		
	1800	1220	4000	КТА50G1	1500	1525	5000
NT855G6	1500	1525	5000		1800	1525	5000
	1800	760	2500	КТА50G2	1500		
NTA855G2	1500	1525	5000		1800	1370	4500
	1800	1525	5000	КТА50G3	1500	1370	4500
NTA855G3	1500	1525	5000		1800	1525	5000
	1800	1525	5000	КТА50G4	1500	1525	5000
NTA855G4	1500	1525	5000		1800		
	1800			КТТА50G2	1500	1525	5000
КТА19G1	1500	1525	5000		1800	1100	3600
	1800	1525	5000				

СНИЖЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ С РОСТОМ ВЫСОТЫ НАД УРОВНЕМ МОРЯ

До высоты 1000 м (3300 футов) над уровнем моря изменение плотности воздуха недостаточно для того, чтобы изменить теплопроводные свойства воздуха. На высотах более 1000 м эффективность воздушного охлаждения снижается в степени, достаточной для того, чтобы сделать необходимым снижение параметров. Для избежания перегрева из-за уменьшения теплопроводности охлаждающего воздуха для машин, работающих на больших высотах, должна быть снижена допустимая нагрузка.

ВЫСОТА НАД УРОВНЕМ МОРЯ (м)	КОЭФФИЦИЕНТ
1500	0,97
2000	0,94
2500	0,91
3000	0,88
3500	0,85
4000	0,82

**ТАБЛИЦА 4-4 СНИЖЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРОВ С РОСТОМ
ВЫСОТЫ НАД УРОВНЕМ МОРЯ**

ВЛАЖНОСТЬ В МЕСТЕ УСТАНОВКИ

Влажность измеряется как **ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ**, которая определяется как:

Отношение давления водяных паров, действительно присутствующих в атмосфере, к давлению водяных паров, которые присутствовали бы в этой же атмосфере при той же температуре в состоянии насыщения.

Высокая относительная влажность может вызвать конденсацию влаги при изменениях температуры. Этот конденсат может затем собраться в капли и попасть в генератор и в панель управления, вызывая их неисправности.

Для защиты генератора от действия высокой влажности его обмотки пропитываются защитным лаком. Обычно стандартный лак современных генераторов подходит для большинства случаев работы в условиях повышенной влажности. Для получения информации о работе в условиях особо высокой относительной влажности обращайтесь к изготовителю генератора.

АНТИ-КОНДЕНСАТНЫЕ НАГРЕВАТЕЛИ

Они могут быть установлены на генератор. Они обычно получают питание из сети и должны отключаться во время работы генератора.

КАПЛЕЗАЩИТНЫЙ КОЖУХ

Он может быть смонтирован на впускном и выпускном отверстиях охлаждающего воздуха генератора. Он увеличивает класс защиты воздушных отверстий с IP21 до IP23. При установке каплезащитных кожухов на генераторе происходит ухудшение условий для впуска и выпуска охлаждающего воздуха, что означает, что допустимая нагрузка на генератор должна быть уменьшена, обычно на 5%.

Кроме уменьшения допустимой нагрузки на генератор из-за влажности, некоторые двигатели, особенно с естественной вентиляцией, требуют снижения допустимой нагрузки при работе в условиях высокой влажности.

СОДЕРЖАНИЕ ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ

Если в атмосфере присутствует что-либо из ниже перечисленного:

- **ПЕСОК**
- **ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ПЕПЕЛ**
- **МЕЛКИЙ ГРАВИЙ**
- **КАМЕННАЯ ПЫЛЬ**
- **ПЫЛЬ В ЛЮБОЙ ФОРМЕ, ВОЗНИКАЮЩАЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРОЦЕССЕ**
- **ЛЮБЫЕ ЛЕТУЧИЕ ЧАСТИЦЫ, КОТОРЫЕ МОГУТ ПОПАСТЬ В ВОЗДУШНЫЙ ФИЛЬТР ДВИГАТЕЛЯ ИЛИ ВО ВПУСКНОЕ ОТВЕРСТИЕ ГЕНЕРАТОРА**

Тогда необходимо предусмотреть установку:

- **ВОЗДУШНЫЕ ФИЛЬТРЫ ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ТЯЖЕЛЫХ УСЛОВИЙ РАБОТЫ**
- **ФИЛЬТРЫ ДЛЯ ВПУСКНОГО ОТВЕРСТИЯ ОХЛАЖДАЮЩЕГО ВОЗДУХА ГЕНЕРАТОРА**

Установка этого оборудования снижает допустимую нагрузку генератора приблизительно на 5%.



ДРУГИЕ ТРЕБОВАНИЯ К МЕСТУ УСТАНОВКИ

Другие более редкие, но оказывающие влияние на работоспособность генераторной установки факторы окружающей среды:

- **АТМОСФЕРНЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ – ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА И ГАЗЫ**
- **БРЫЗГИ СОЛЕНОЙ ВОДЫ**
- **СИЛЬНЫЙ ВЕТЕР**
- **РАДИАЦИЯ**

В случае их наличия обратитесь к изготовителю за рекомендациями по эксплуатации в этих особых условиях.

АНАЛИЗ НАГРУЗКИ

Знакомство с этой частью документации по процедуре выбора генераторной установки происходит во время учебных занятий.

Потребности нагрузки в полной и активной энергии должны покрываться генератором. Он должен быть выбран таким образом, чтобы выдержать постоянную и переменную нагрузку, приложенную к нему без превышения расчетной перегрузочной способности или допустимой для подключенных устройств просадки напряжения. Потребность в активной мощности удовлетворяется первичным двигателем, который должен соответствовать длительной максимальной мощности генератора и выдерживать пиковые набросы активной нагрузки без чрезмерного и недопустимого уменьшения скорости вращения.

Перед тем, как приступить к выбору оборудования, должны быть определены характеристики полной нагрузки. Характеристики любой полной нагрузки:

- **НАГРУЗКА ПРИ ПЕРЕХОДНОМ ПРОЦЕССЕ**
- **НАГРУЗКА В УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ**

Кроме того, при выборе генератора для конкретной нагрузки важно определить:

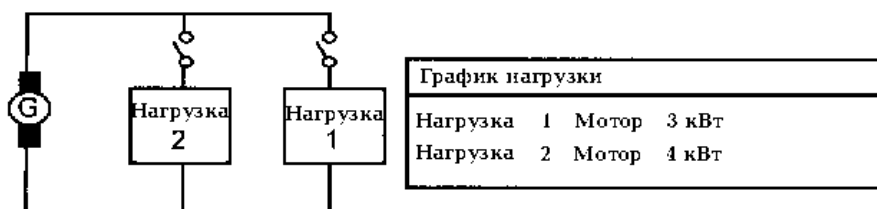
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРИЛОЖЕНИЯ

Полная нагрузка лучше всего находится с помощью следующей процедуры. Должна быть установлена последовательность, в которой нагрузка прикладывается к генератору, каждое изменение нагрузки должно быть разложено на переходной процесс и установившееся значение. Затем общее воздействие нагрузки можно просуммировать для определения, какую мощность должна иметь генераторная установка для удовлетворения потребностей данных нагрузок.

ПРОЦЕДУРА ВЫБОРА ГЕНЕРАТОРА

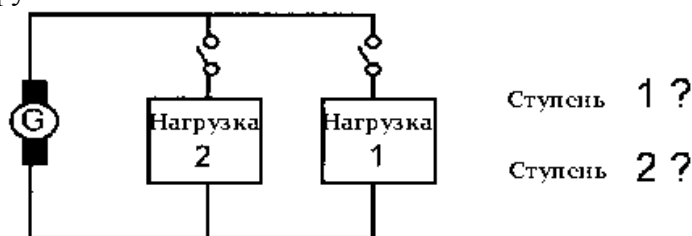
Для выбора мощности генераторной установки рекомендуется следующая процедура. Эта процедура ручного выбора базируется на **ГРАФИКЕ НАГРУЗКИ** и **ТАБЛИЦЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ ГЕНЕРАТОРА**.

1. СВЕДИТЕ НАГРУЗКИ В ГРАФИК НАГРУЗКИ



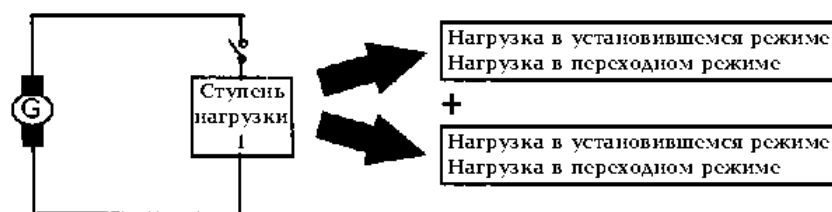
2. ОПРЕДЕЛИТЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ НАГРУЗОК

Определите последовательность нагрузок, найдите наилучшую возможную последовательность. Заполните **ТАБЛИЦУ ВЫБОРА ГЕНЕРАТОРА** для каждой ступени нагрузки.



3. ОПРЕДЕЛИТЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАГРУЗОК

Проанализируйте каждый элемент нагрузки и определите переходные и установившиеся характеристики каждого элемента.



4. НАЙДИТЕ ПОЛНУЮ НАГРУЗКУ КАЖДОЙ СТУПЕНИ

Просуммируйте потребности каждой нагрузки в переходном и установившемся режиме.



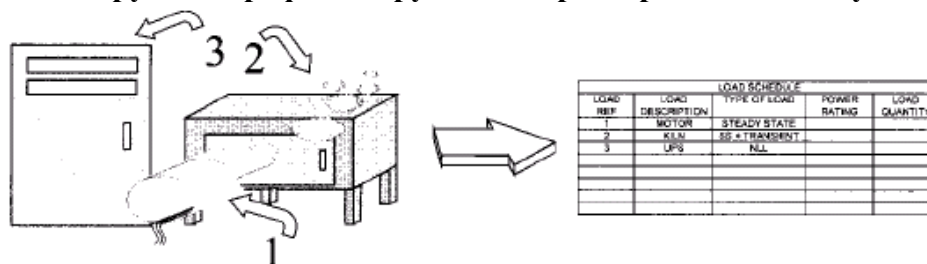
5. ВЫБЕРИТЕ ГЕНЕРАТОРНУЮ УСТАНОВКУ

Найдите генераторную установку, способную удовлетворить потребности нагрузки в установившемся и переходном режимах. При этом во внимание должны приниматься экономия топлива, минимальные нагрузочные потребности и возможное в будущем увеличение нагрузки. Обзор последовательности нагрузок может быть также полезен для определения нижних ступеней полной активной нагрузки.

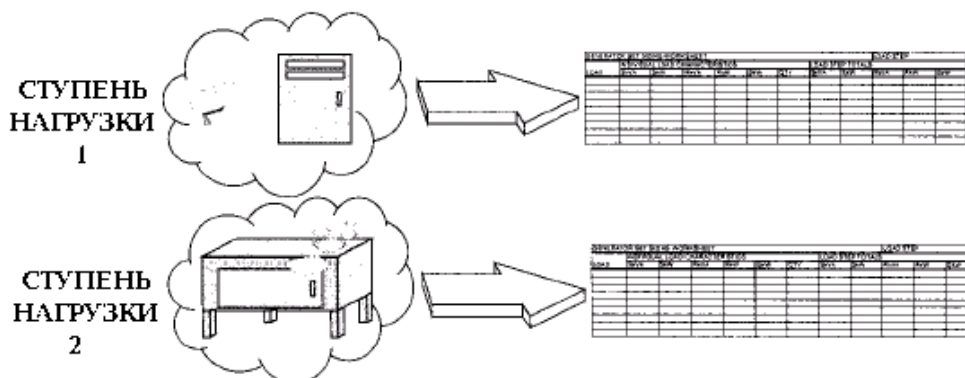
4-27

КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ

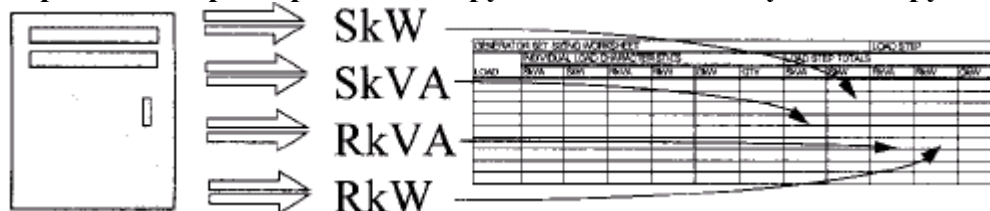
1 шаг – Свести нагрузки в график нагрузок и охарактеризовать каждую.



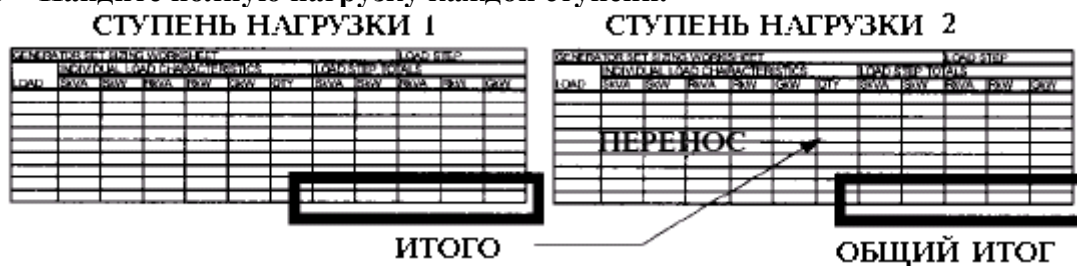
2 шаг – Определить ступени нагрузки и заполнить таблицу выбора генератора для каждой.



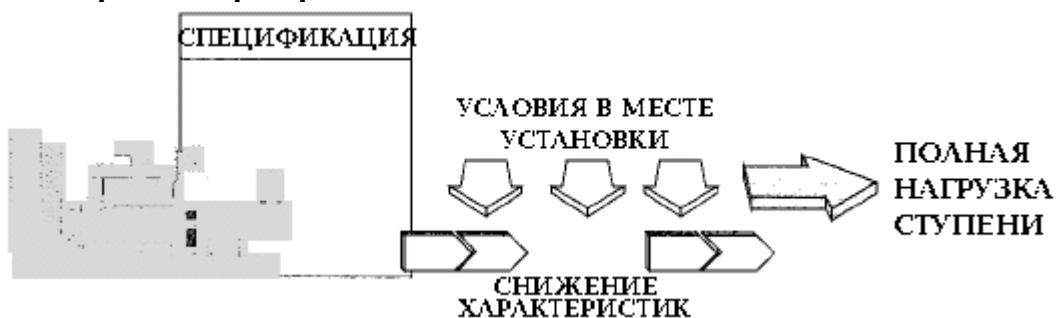
3 шаг – Определите характеристики нагрузки для каждой ступени нагрузки.



4 шаг – Найдите полную нагрузку каждой ступени.



5 шаг – Выберите генератор.





4-28

1. СУММИРОВАНИЕ НАГРУЗОК В ГРАФИКЕ НАГРУЗОК

Занесите все нагрузки, которые будут подключены к генераторной установке, в график нагрузки. Определите для каждой нагрузки тип, номинальную мощность и количество единиц. Перечислять нагрузки можно в любом порядке, но каждой из них должен быть присвоен номер.

ГРАФИК НАГРУЗОК				
№ НАГРУЗКИ	ОПИСАНИЕ НАГРУЗКИ	ТИП НАГРУЗКИ	НОМИНАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ	КОЛИЧЕСТВО ЕДИНИЦ

ПРИМЕР

ГРАФИК НАГРУЗОК				
№ НАГРУЗКИ	ОПИСАНИЕ НАГРУЗКИ	ТИП НАГРУЗКИ	НОМИНАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ	КОЛИЧЕСТВО ЕДИНИЦ
1	ДВИГАТЕЛЬ ВЕНТИЛЯТОРА	МОТОР	5 Л.С.	1
2	НАСОС	МОТОР	7 Л.С.	1
3	НАСОС	МОТОР	25 Л.С.	1

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ НАГРУЗОК

В некоторых случаях не бывает выбора в отношении ступеней нагрузки. В других есть возможность выбора последовательности приложения нагрузки для применения более экономичной генераторной установки. Вообще, есть три подхода к определению последовательности нагрузки.

ОДНА СТУПЕНЬ, ОДНОВРЕМЕННЫЙ ПУСК

Один распространенный подход состоит в допущении того, что все подключенные нагрузки запускаются одновременно независимо от количества используемых выключателей. Это допущение всегда приводит к выбору наиболее мощной генераторной установки.

ОДНА СТУПЕНЬ, С КОЭФФИЦИЕНТОМ РАЗНОВРЕМЕННОСТИ

Этот подход подобен предыдущему, за исключением того, что вводится коэффициент разновременности около 80% для уменьшения общей пусковой полной и активной энергии путем применения автоматических систем пуска в оборудовании нагрузок.

МНОГОСТУПЕНЧАТАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ

Последовательное включение нагрузок позволяет использовать генераторную установку меньшей мощности.

Важно помнить следующее:

- Каждая ступень нагрузки увеличивает сложность и, следовательно, стоимость коммутационного оборудования и системы управления.
- Пускайте самый большой двигатель последним.
- Включайте активную нагрузку первой, затем двигателя.
- Включайте автоматические системы бесперебойного питания (АБП) в последнюю очередь. Оборудование АБП обычно чувствительно к изменению частоты, особенно к скорости ее изменения. Предварительно нагруженная генераторная установка будет более устойчива при приеме нагрузки в виде АБП.
- Нагрузка трехфазного генератора должна быть по возможности поровну разделена по фазам.
- Включайте наибольшую нагрузку в последнюю очередь.

После того, как решение по последовательности будут приняты, должны быть заполнены таблицы следующим образом:

- I. Заведите для каждой ступени нагрузки ТАБЛИЦУ ВЫБОРА ГЕНЕРАТОРА.
- II. Внесите НОМЕР НАГРУЗКИ из ГРАФИКА НАГРУЗКИ в соответствующую ТАБЛИЦУ ВЫБОРА ГЕНЕРАТОРА.
- III. Внесите КОЛИЧЕСТВО нагрузки каждого вида в каждую ТАБЛИЦУ ВЫБОРА ГЕНЕРАТОРА.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ НАГРУЗОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

В общем случае нагрузки состоят из трех компонентов.

- **УСТАНОВИВШАЯСЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ НАГРУЗКИ**

Указывается в таблице технических данных элемента как номинальная полная и активная мощности. Нагрузка в установившемся режиме потребляет постоянный по величине ток и, таким образом, способствует росту температуры генератора.

- **ПЕРЕХОДНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ НАГРУЗКИ**

Некоторые нагрузки, такие, как двигатели, имеют различные характеристики в период пуска и в период работы. Двигатели требуют больше энергии для пуска, чем для поддержания их работы. Это требует применения специальных пусковых устройств или больших генераторов.

- **НЕЛИНЕЙНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ**

Это нагрузки, потребление тока в которых происходит в одной определенной части кривой напряжения. Нелинейная составляющая нагрузки препятствует протеканию тока нагрузки в течение определенной части периода переменного напряжения, и позволяет ему течь во время другой. Нелинейные нагрузки искажают форму кривой тока, вырабатываемого генератором и увеличивают нагрев обмоток.

- Для **УСТАНОВИВШИХСЯ** и **ПЕРЕХОДНЫХ** нагрузок необходимо определить величину каждой из следующих характеристик:

ПОЛНАЯ ПУСКОВАЯ МОЩНОСТЬ, кВА

“SkVA”

(SKVA* применяется в анализе нагрузок для электродвигателей)

ПУСКОВАЯ АКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ, кВт

“SkW”

**ПОЛНАЯ МОЩНОСТЬ В
УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ, кВА**

“RkVA”

**АКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ В
УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ, кВт**

“RkW”

а в случае наличия элементов **НЕЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКИ** нужно определить также величину:

АКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ ГЕНЕРАТОРА, кВт

“GkW”

При определении этих величин для некоторых нагрузок **иногда** необходимо также знать коэффициент мощности и при подключении нагрузки к генератору, и когда генератор набирает обороты.

ПУСКОВОЙ КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ

“SPF”

**КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ В
УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ**

“RPF”

ОДНОФАЗНАЯ НАГРУЗКА В ТРЕХФАЗНЫХ СИСТЕМАХ

Нагрузки могут быть приложены к одной или к трем фазам генераторной установки. Трехфазная нагрузка, которая потребляет равные токи из каждой фазы генераторной установки, называется сбалансированной.

Однофазные нагрузки должны быть распределены по возможности поровну между всеми тремя фазами генераторной установки для того, чтобы обеспечить полное использование ее номинальной мощности (активной и полной) и ограничить небаланс напряжений. Небаланс напряжений возникает в результате значительно большей нагрузки одной или двух фаз по сравнению с другой/ другими.

Несбалансированная нагрузка приводит к появлению тока в нейтральном проводе. Это необходимо иметь в виду при определении сечения нейтральных проводников.

Следующие рекомендации должны применяться при определении максимальной несбалансированной нагрузки (разницы нагрузок разных фаз), которая может быть приложена к генераторной установке.

- **В СЛУЧАЕ, ЕСЛИ НАГРУЖЕНА ТОЛЬКО ОДНА ФАЗА, А ДВЕ ДРУГИЕ НЕ НАГРУЖЕНЫ – МАКСИМАЛЬНАЯ НАГРУЗКА ЭТОЙ ФАЗЫ НЕ ДОЛЖНА ПРЕВЫШАТЬ 90% НОМИНАЛЬНОГО ФАЗНОГО ТОКА.**
- **В СЛУЧАЕ, ЕСЛИ ОДНА ФАЗА НАГРУЖЕНА ОДНОФАЗНОЙ НАГРУЗКОЙ, А ОСТАЛЬНЫЕ ФАЗЫ НАГРУЖЕНЫ НЕ МЕНЕЕ ЧЕМ НА 10% КАЖДАЯ – МАКСИМАЛЬНАЯ НАГРУЗКА ЭТОЙ ФАЗЫ НЕ ДОЛЖНА ПРЕВЫШАТЬ 100% НОМИНАЛЬНОГО ФАЗНОГО ТОКА.**

ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ТРЕХФАЗНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ОДНОФАЗНЫХ НАГРУЗОК

В случаях, когда нагрузка полностью состоит из однофазных нагрузок, возможно соединить выводы генератора таким образом, чтобы обеспечить однофазное питание. При этом допустимая мощность нагрузки генератора снижается. Кроме того, это переключение требует наличия нестандартных систем управления и измерений. Для переключения генератора в однофазную схему обращайтесь к изготовителю.

При пересоединении нужно соблюдать большую осторожность, так как в случае неправильного соединения могут произойти серьезные повреждения обмоток.

4-32

НАГРУЗКИ В УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ*Получите эту информацию о нагрузке*

Номинальная мощность	в Ваттах
----------------------	----------

Для резистивных нагрузок в УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ, таких, как:

- **ОСВЕЩЕНИЕ, ВЫПОЛНЕННОЕ ЛАМПАМИ НАКАЛИВАНИЯ**
- **ПЕЧИ**

так как коэффициент мощности = 1

$$S_{kVA} = R_{kVA}$$

и

$$S_{kW} = R_{kW}$$

Номинальная мощность генератора дается для нагрузок, имеющих коэффициенты мощности между 1,0 и 0,8. Если общий коэффициент мощности нагрузки меньше 0,8, мощность данного генератора должна быть уменьшена в соответствии с инструкциями производителя.

Для нагрузок с большими индуктивными элементами коэффициент мощности может быть меньше, чем 0,8.

Все номинальные характеристики генератора даются для коэффициента мощности 0,8.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

Получите эту информацию о нагрузке

Номинальная мощность освещения	в Ваттах
Балластная нагрузка освещения	в Ваттах
Технология освещения	Нить накаливания Лампы дневного света Газоразрядное Пары ртути Натриевые лампы Металлизованные пары
Применение	Проверить для коррекции коэффициента мощности

Осветительные нагрузки требуют снабжения стабильным по величине напряжением. **ПРОСАДКИ НАПРЯЖЕНИЯ**, как результат действия других нагрузок, приводит к уменьшению яркости и миганию. Обычно допускается для большинства типов освещения 30-процентная просадка напряжения.

Освещение **ЛАМПАМИ ДНЕВНОГО СВЕТА** должно быть тщательно продумано. Этот тип осветительных приборов обладает следующими нежелательными свойствами:

- **ИЗНАЧАЛЬНО НИЗКИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ МОЩНОСТИ, РАВНЫМ ПРИБЛИЗИТЕЛЬНО 0,5**
- **ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ТРЕТЬЕЙ ГАРМОНИКИ В ТОКЕ**

Коэффициент мощности нагрузки, состоящей из ламп дневного света, должен быть скорректирован до значения 0,9. Если лампы дневного света составляют **большую долю от всей нагрузки**, гармоники, привносимые стартерными цепями, могут вызвать избыточный ток в нейтральном проводе с последующим нагревом. В этом случае обращайтесь за советом к производителям.

Этот тип освещения искажает напряжение питания своими дросселями/стартерами. Эти лампы генерируют до 30% тока третьей гармоники. Даже в хорошо спроектированных цепях освещения, где нагрузка сбалансирована по фазам, ток третьей гармоники будет добавляться в нейтральный провод. Это может иметь серьезные последствия для систем, в которых традиционно используется нейтральный провод половинного сечения.

Коэффициент нагрузки **НАТРИЕВЫХ** и **ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП** также должен быть скорректирован. Эти лампы включаются холодными, а затем нагреваются в течении определенного времени. В течении периода запуска устройство компенсации коэффициента мощности будет действовать на генератор в качестве нагрузки, определяющей коэффициент мощности (см. раздел о емкостных нагрузках). Важно иметь это в виду при анализе нагрузки на генератор. Если этот тип нагрузки преобладающий или единственный, обратитесь к производителю приборов освещения с просьбой уменьшить величину компенсации коэффициента мощности. Это часто может быть сделано для ламп этого типа без заметного уменьшения светоотдачи, но с увеличением тока, и иногда приносит некоторые преимущества при выборе генератора.

4-34

Для всех осветительных нагрузок:

$RkW = \text{СУММА НОМИНАЛЬНЫХ МОЩНОСТЕЙ ВСЕХ ЛАМП И БАЛЛАСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ}$

Для справки, типовые балластные сопротивления для ламп:

ЛАМПА	БАЛЛАСТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ
48-дюймовая Т-12, 40 Вт, с предварительным нагревом	10 Вт
48-дюймовая Т-12, 40 Вт, с быстрым пуском	14 Вт
Люминесцентная 40 Вт с высокой светоотдачей	25 Вт
Ртутная, 100 Вт	18 – 35 Вт
Ртутная, 400 Вт	25 – 65 Вт

**ТАБЛИЦА 4-5 ТИПОВЫЕ БАЛЛАСТНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЛЯ ЛАМП
РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ**

Для всех типов осветительной нагрузки, за исключением газоразрядных с высокой интенсивностью разряда (HID):

$$SkW = RkW$$

Из-за пусковых характеристик ламп HID примем:

$$SkW = 0,75 \times RkW$$

Если не известно иное, примем следующие пусковые и рабочие коэффициенты мощности для следующих типов освещения. Отсюда могут быть определены значения $SkVA$ и SkW .

ТИП ОСВЕЩЕНИЯ	SPF	RPF
Лампы дневного света	0,99	0,95
Лампы накаливания	1,00	1,00
HID	0,85	0,90

ТАБЛИЦА 4-6 ТИПОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ МОЩНОСТИ ОСВЕЩЕНИЯ

Характеристики осветительных нагрузок собраны в следующей таблице:

ХАРАКТЕРИСТИКИ НАГРУЗКИ	ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ НАХОДИТСЯ ПО СЛЕДУЮЩЕЙ ФОРМУЛЕ
SkW	Для всех видов кроме HID $= RkW$ Для HID $= 0,75 RkW$
$SkVA$	SkW / SPF , SPF из таблицы 2
RkW	номинальная мощность освещения плюс балластная мощность из таблицы 1
$RkVA$	RkW / RPF , RPF из таблицы 2

ТАБЛИЦА 4-7 ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОДНОФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ НАГРУЗКИ

Получите эту информацию о нагрузке

Номинальная мощность двигателя	в Л.С. / кВт
--------------------------------	--------------

Асинхронные двигатели потребляют больше тока при пуске, чем во время работы. Большой ток при пуске двигателя необходим для возбуждения в нем магнитного поля.

Однофазные асинхронные двигатели не обладают свойством самозапуска и, следовательно, требуют применения особых методов пуска. Эти методы пуска используются при классификации однофазных двигателей.

- **АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ С РАСЩЕПЛЕННОЙ ФАЗОЙ**
- **ДВИГАТЕЛИ С КОНДЕНСАТОРНЫМ ПУСКОМ**
- **ДВИГАТЕЛИ С КОНДЕНСАТОРНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ, ПУСКАЕМЫЕ С ПОМОЩЬЮ КОНДЕНСАТОРОВ**
- **КОНДЕНСАТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ С РАСЩЕПЛЕННОЙ ОБМОТКОЙ**

Однофазные асинхронные двигатели обычно имеют мощность менее одной лошадиной силы. Однако суммарное воздействие множества малых двигателей должно учитываться при вычислении переходных процессов в нагрузке.

Для справок используйте для однофазных двигателей значения SkVA, SkW, RkVA и RkW для соответствующих номинальных мощностей из нижеследующей таблицы:

ТАБЛИЦА 4-8 ХАРАКТЕРИСТИКИ ОДНОФАЗНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

МОЩНОСТЬ, кВт	МОЩНОСТЬ, Л.С.	RkW	RkVA	SkVA	SkW
РАСЩЕПЛЕННАЯ ФАЗА					
0,124	1/6	0,3	0,5	3,5	2,8
0,187	1/4	0,4	0,6	4,8	3,8
0,249	1/3	0,5	0,7	5,6	4,5
0,373	1/2	0,7	0,9	7,7	6,1
КОНДЕНСАТОРНЫЙ ПУСК/ ИНДУКЦИОННАЯ РАБОТА					
0,124	1/6	0,3	0,5	2,6	2,0
0,187	1/4	0,4	0,6	3,3	2,6
0,249	1/3	0,5	0,7	3,9	3,1
0,373	1/2	0,7	0,9	5,3	4,25
0,75	3/4	1,0	1,25	7,1	5,7
0,746	1,0	1,2	1,6	9,5	7,6
1,119	1½	1,6	2,0	14,25	11,4
1,492	2,0	2,2	2,7	19	15,2
2,238	3,0	3,3	4,1	28,5	22,8
КОНДЕНСАТОРНЫЙ ПУСК / КОНДЕНСАТОРНАЯ РАБОТА					
0,124	1/6	0,3	0,5	2,8	2,3
0,187	1/4	0,4	0,6	3,8	3,0
0,249	1/3	0,5	0,7	3,6	2,9
0,373	1/2	0,7	0,9	5,9	4,7
0,75	3/4	1,0	1,25	8,0	6,4
0,176	1,0	1,2	1,6	10,6	12,7
1,119	1½	1,6	2,0	16,0	12,7
1,492	2,0	2,2	2,7	21,2	17,0
2,238	3,0	3,3	4,1	31,8	25,5
ПОСТОЯННО РАЩЕПЛЕННЫЕ КОНДЕНСАТОРНЫЕ					
0,124	1/6	0,3	0,5	1,0	0,8
0,187	1/4	0,4	0,6	1,5	1,2
0,249	1/3	0,5	0,7	2,0	1,6
0,373	1/2	0,7	0,9	3,0	2,4

4-37

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ НАГРУЗКИ*Получите эту информацию о нагрузке*

Номинальная мощность двигателя	в л.с./ кВт
Метод пуска	Звезда/ треугольник
	Реостатный
	Реакторный
	Автотрансформаторный
	Ступенями обмотки
	Прямым включением
Применение	Проверить на РЕГЕНЕРАТИВНУЮ ОБМОТКУ

ДОПУСТИМОЕ ОТКЛОНЕНИЕ ЧАСТОТЫ	ДОПУСТИМОЕ ОТКЛОНЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ
+/-5%	+/-10%

ТАБЛИЦА 4-9 ДОПУСТИМЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ЧАСТОТЫ И НАПРЯЖЕНИЯ ТРЕХФАЗНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Трехфазные двигатели вызывают больше всего проблем при выборе генераторной установки.

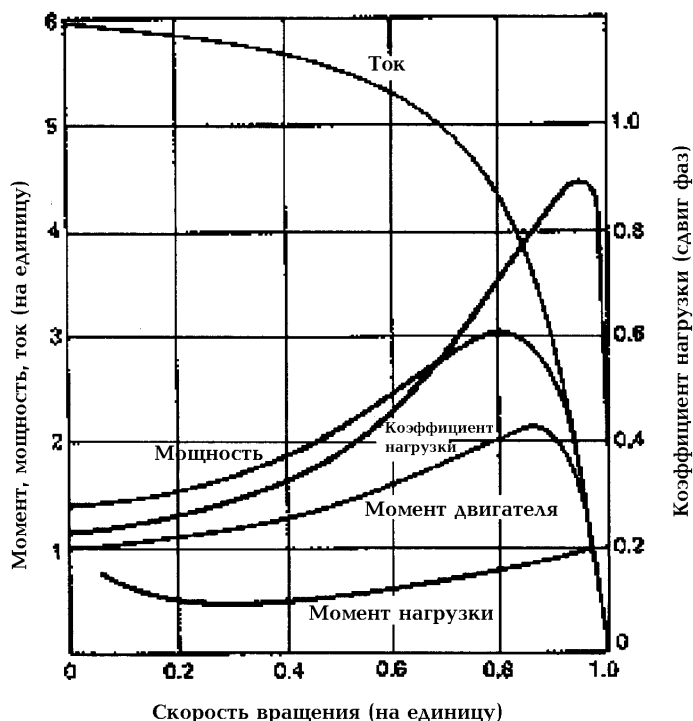
Асинхронные двигатели потребляют при старте большие токи, чем при работе. Большой ток при пуске двигателя необходим для возбуждения в нем магнитного поля. Если генератор не может обеспечить достаточную величину пускового тока, двигатель будет вращаться с небольшой скоростью с большими токами в обмотках, которые в свою очередь могут привести к тому, что двигатель сгорит. Обычно трехфазные двигатели имеют большую мощность, чем однофазные.

Для уменьшения эффекта больших пусковых токов, обычно моторы комплектуются стартерными двигателями.

Пуск прямым включением, как понятно из названия, происходит подключением двигателя к сети. С точки зрения пусковых токов это худший вид пуска. Стартерные двигатели служат для уменьшения пусковых токов при прямом пуске.

ПУСКОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ

Ниже приведены типовые характеристики асинхронного двигателя, работающего при номинальном напряжении питающей сети; т.е. сеть дает маленькую просадку напряжения при пуске двигателя.



Из этого графика мы видим, что коэффициент мощности мотора очень низкий при пуске. Способность выдержать перегрузку для генератора переменного тока дана в интервале от нуля до единицы, что справедливо для любого

Данные перегрузки генератора переменного тока являются допустимыми для любого коэффициента нагрузки в диапазоне от нуля до единицы. Если машина имеет базовую подключенную нагрузку с высоким коэффициентом мощности (скажем 0,9), то при пуске двигателя (с коэффициентом мощности около 0,2) для правильной оценки величины возможной перегрузки суммарный коэффициент мощности обеих нагрузок должен быть определен с помощью сложения векторов. Однако, поскольку в этих случаях арифметическое сложение всегда дает результат больший, чем векторное, то для проверки перегрузочной способности можно применять арифметическое сложение нагрузок вместо векторного (Вместо этого для получения точного результата путем сложения векторов пришлось бы вычислять активную и реактивную мощность).

Другой важный вопрос – требуемая пиковая мощность первичного двигателя. Она может быть в три раза больше, чем мощность пускаемого двигателя, и она должна обеспечиваться первичным двигателем, пока запускаемый электромотор не наберет 80% оборотов. Если первичный двигатель не будет способен развить достаточную для этого мощность, электромотор начнет медленно вращаться со скоростью, определяемой балансом между мощностью, развиваемой первичным двигателем, и мощностью, потребляемой электромотором. Обычно энергия, запасаемая маховиком дизельного двигателя, достаточна для того, чтобы решить проблему пуска электромотора, мощность которого мала по сравнению с мощностью первичного двигателя. Однако при пуске сравнительно больших двигателей трудности имеют комплексный характер, и не всегда осознается, что первичный двигатель в этих обстоятельствах может быть причиной многих неудачных пусков!

Существует множество способов уменьшить глубину просадки напряжения при пуске двигателей. Если имеется много моторов или групп моторов, очень важен правильный выбор последовательности пуска. Простым изменением последовательности пуска иногда возможно уменьшить необходимую мощность используемого генератора. Можно также разработать машины, предназначенные специально для пуска электродвигателей. По существу, это машины с малым реактивным сопротивлением, которые могут иметь меньшую номинальную мощность по сравнению с генераторами переменного тока такого же размера, но быть экономичными в случае, когда нагрузка полностью состоит из двигателей, пускаемых прямым включением. Тем не менее простое использование больших машин для уменьшения просадки напряжения неэкономично по сравнению с некоторыми видами пуска при пониженном напряжении. Для определения приемлемого типа пуска на пониженном напряжении необходимо тщательно проанализировать особенности нагрузки. Пусковой ток уменьшается в квадратичной зависимости от уменьшаемого напряжения, но в то же время и пусковой момент уменьшается в такой же зависимости. Следовательно, нужно осторожно подходить к решению использовать метод снижения напряжения при пуске в случае наличия любой высоко инерционной нагрузки. Различные методы пуска электродвигателей будут обсуждаться в следующем разделе.

ОБЫЧНЫЕ МЕТОДЫ ПУСКА ДВИГАТЕЛЕЙ

Некоторые методы широко применяются при пуске двигателей. Это следующие методы:

- **ПРЯМОЙ ПУСК**
- **ПУСК ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕМ ЗВЕЗДА-ТРЕУГОЛЬНИК**
- **АВТОТРАНСФОРМАТОРНЫЙ ПУСК**

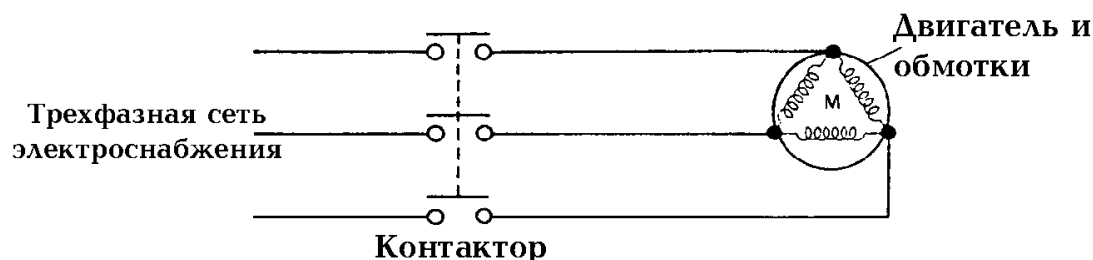
При описании этих методов пуска будут применяться следующие символы:

I	= полный ток нагрузки генератора переменного тока при максимальной номинальной нагрузке
I_м	= рабочий ток двигателя при полной нагрузке
кВт_{ген.}	= номинальная активная мощность полной нагрузки генератора переменного тока
кВт_м	= номинальная активная мощность двигателей с полной нагрузкой на валу
S	= отношение требуемой мощности генератора к мощности двигателей
T_м	= пусковой момент, требуемый двигателю
V_L	= линейное напряжение
cosφ	коэффициент мощности нагрузки
КПД	КПД двигателя

Все эти методы пуска используют принцип уменьшения напряжения, приложенного к двигателю.

4-41

ПУСК ПРЯМЫМ ВКЛЮЧЕНИЕМ



В этом случае полное напряжение включается прямо на выводы двигателя. Обычно обмотки двигателя соединяются в треугольник. При этом развивается максимальный пусковой момент, но также потребляется очень высокий пусковой ток.

Резюме

- **ПУСКОВОЙ ТОК В 6 РАЗ БОЛЬШЕ РАБОЧЕГО ТОКА ДВИГАТЕЛЯ С ПОЛНОЙ НАГРУЗКОЙ**

Некоторые производители двигателей заявляют 7 – 8 – кратное превышение пускового тока, и для любых вычислений необходимы правильные графики; отсюда необходимость первым делом получить полные технические данные у производителя электродвигателя.

- **ПЕРЕГРУЗОЧНАЯ СПОСОБНОСТЬ ГЕНЕРАТОРА РАВНА 2,5 НА ЕДИНИЦУ.**

Тогда по условиям пуска $2,5 I \geq 6 I_M$

Отсюда мы можем получить отношение номинальной мощности генератора к номинальной мощности мотора.

Так как $I = \kappa V_{T_{ген.}} / (\sqrt{3} V_L \cos\varphi)$ и $I_M = \kappa V_{T_M} / (\sqrt{3} V_L \cos\varphi_M)$

Мы получим $2,5 \times \kappa V_{T_{ген.}} = 6 \kappa V_{T_M} / \text{КПД}$

и, принимая КПД двигателя равным 90%, получим

$$\kappa V_{T_{ген.}} = (6 / (2,5 \times 0,9)) \times \kappa V_{T_M} = 2,67 \kappa V_{T_M}$$

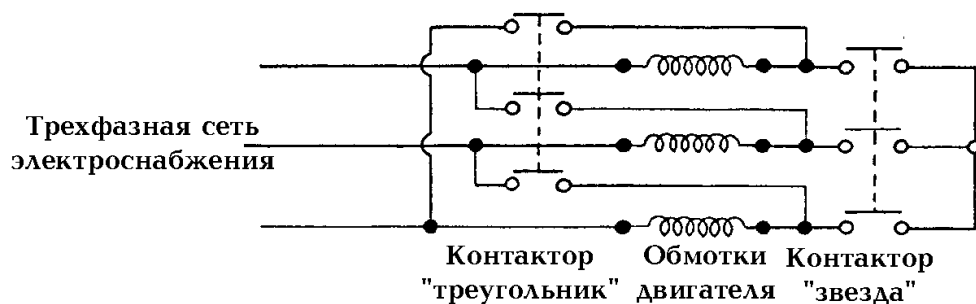
отношение $S = 2,67$

Отношения для различных величин перегрузочной способности, пускового тока двигателя и КПД двигателя могут быть вычислены подобным образом.

Необходимо учесть просадку напряжения во время пуска трехфазного двигателя прямым включением. Если пусковой ток известен, мы можем вычислить полную пусковую мощность (умножением на напряжение и на $\sqrt{3}$ для двигателя, обмотки которого соединены звездой). Кривая просадки напряжения, взятая из технических данных соответствующего генератора, может быть тогда использована для вычисления просадки при переходном процессе. Если просадка больше допустимого предела, должен быть выбран более крупный генератор. Если пусковой ток не позволяет сделать хорошей рабочей гипотезы, примите в качестве полной пусковой мощности номинальную мощность двигателя, умноженную на 7,1 (для мощности в л.с.) или на 9,5 (для мощности в кВт). Это эквивалентно наиболее тяжелому случаю для двигателя Код G по классификации NEMA.

4-43

ПУСК ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕМ ЗВЕЗДА-ТРЕУГОЛЬНИК.



Этот метод требует наличия всех 6 концов обмотки трехфазного мотора, выведенных в коробку выводов. При пуске обмотки сначала соединены в «звезду» через два контактора или через переключатель; затем обычно после предварительно выставленной выдержки времени или после достижения двигателем установившейся скорости вращения обмотки переключаются в «треугольник». Это нормальная рабочая схема при полном напряжении в линии. Это означает, что

- ПУСКОВОЕ НАПРЯЖЕНИЕ УМЕНЬШАЕТСЯ ДО $1/\sqrt{3}$ ОТ V_L , ТАК КАК $V_L = \sqrt{3}$ ФАЗНОГО НАПРЯЖЕНИЯ
- ПУСКОВОЙ ТОК ТАКЖЕ УМЕНЬШАЕТСЯ ДО $1/\sqrt{3}$ ВЕЛИЧИНЫ ПУСКОВОГО ТОКА ПРИ ПУСКЕ ПРЯМЫМ ВКЛЮЧЕНИЕМ, ТАК КАК $I \propto T_m$
- ПОЛНАЯ ПУСКОВАЯ МОЩНОСТЬ УМЕНЬШАЕТСЯ ДО $1/3$ ВЕЛИЧИНЫ ПОЛНОЙ МОЩНОСТИ ПРИ ПУСКЕ ПРЯМЫМ ВКЛЮЧЕНИЕМ, ТАК КАК $kVA \propto V_L^2$
- ПУСКОВОЙ МОМЕНТ УМЕНЬШАЕТСЯ ДО $1/3$ ВЕЛИЧИНЫ ПУСКОВОГО МОМЕНТА ПРИ ПУСКЕ ПРЯМЫМ ВКЛЮЧЕНИЕМ, ТАК КАК $T_m \propto V_L^2$

Резюмируя, как в случае пуска прямым включением

- | | |
|-----------------------------------|---------------|
| • КРАТНОСТЬ ДОПУСТИМОЙ ПЕРЕГРУЗКИ | = 2,5 |
| • ПУСКОВОЙ ТОК | = 6,0 x I_m |
| • КПД ДВИГАТЕЛЯ | = 90% |

Тогда величина отношения S вычисляется следующим образом

$$kVA_{ген.} = (6/(3 \times 2,5 \times 0,9)) \times kVA_{Тм} = 0,889 kVA_{Тм}$$

отношение $S = 0,889$

ПРИМЕЧАНИЕ:

Поскольку величина S меньше 1,0, это означает что активная номинальная мощность генератора переменного тока недостаточна для пуска. Это так, но конечно же генератор переменного тока был бы неспособен обеспечить двигатель длительной мощностью установившегося режима. Другими словами, величины S , меньшие 1,0, не применимы на практике.

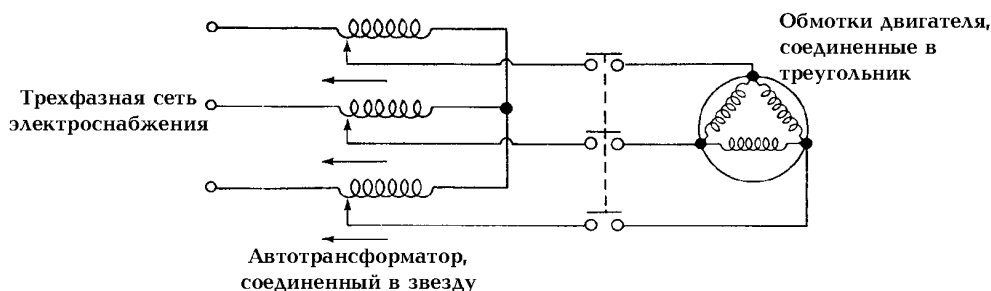
4-44

Обычные проблемы при пуске переключением звезда-треугольник следующие:

- **НЕДОСТАТОЧНОЕ ВРЕМЯ РАБОТЫ С СОЕДИНЕНИЕМ ОБМОТОК «ЗВЕЗДОЙ»**
- **НЕДОСТАТОЧНЫЙ МОМЕНТ ПРИ РАБОТЕ С СОЕДИНЕНИЕМ ОБМОТОК «ЗВЕЗДОЙ»**

В обоих случаях двигатель выполнит укороченный пуск прямым включением, вероятно, при избыточном напряжении и просадке по частоте.

АВТОТРАНСФОРМАТОРНЫЙ ПУСК



В отличие от метода пуска переключением звезда/треугольник, который требует наличия контакторов и 6 выводов обмотки двигателя для обеспечения пуска двигателя на пониженном напряжении, данный метод может применяться с любым типом двигателя, так как используется автотрансформатор с фиксированными отпайками обмотки. Основная идея состоит в том, что во время пуска на двигатель подается пониженное автотрансформатором напряжение. По мере разгона двигателя происходит ступенчатое переключение отпаяк с увеличением напряжения, пока двигатель не окажется включенным прямо на напряжение линии. Обычно используются отпайки на 65% и 80% от полного линейного напряжения.

Используя ту же форму вычисления, можно найти следующее:

Резюмируя

- **КРАТНОСТЬ ДОПУСТИМОЙ ПЕРЕГРУЗКИ ГЕНЕРАТОРА РАВНА 2,5**
- **КРАТНОСТЬ ПУСКОВОГО ТОКА ДВИГАТЕЛЯ РАВНА 6. КПД ДВИГАТЕЛЯ РАВЕН 0,9.**

ОТПАЙКА	65%	80%	100% (КАК ПРИ ПУСКЕ ПРЯМЫМ ВКЛЮЧЕНИЕМ)
Уменьшение пускового линейного напряжения	35%	20%	0%
Уменьшение пускового тока в процентах от пускового тока при пуске прямым включением	65%	80%	100%
Уменьшение пусковой мощности и пускового момента в процентах от величины при пуске прямым включением	42%	64%	100%
Величина отношения S	1,12	1,71	2,67

ТАБЛИЦА 4-10 УМЕНЬШЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИ АВТОТРАНСФОРМАТОРНОМ ПУСКЕ

Снова, как в случае пуска переключением звезда/треугольник, убедитесь, что активная мощность двигателя при полной нагрузке меньше номинальной мощности выбранного генератора переменного тока, чтобы генератор мог обеспечить двигатель длительной максимальной мощностью в установившемся режиме.

МЯГКИЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ПУСК

При этом используются электронные блоки. Их действие заключается в уменьшении среднеквадратической величины напряжения (и, следовательно, тока) во время разгона.

Это нелинейные нагрузки, но они очень отличаются от частотных приводов с регулировкой скорости вращения – см. последний раздел.

Пусковой ток может меняться в пределах от 1,5 до 4-кратного рабочего, поэтому выбор генератора может быть затруднен, если не получить данные от производителя пускового устройства.

Если не установлено иное, можно принять:

$$S_{kVA} = 2,5 R_{kVA}$$

4-47

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУСКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЕЙ

Мощность мотора, которая указывается на шильде – это мощность на валу, поэтому чтобы узнать, какую мощность требуется подвести, надо знать кпд двигателя.

Для трехфазного двигателя **RkW** вычисляется следующим образом:

$$\mathbf{RkW} = (\mathbf{Мощность\ на\ шильде} \times \mathbf{0,746}) / \mathbf{EFF}$$

Если кпд двигателя неизвестна, найдите значение **RkW** по таблице для трехфазных двигателей.

RkVA вычисляется следующим образом:

$$\mathbf{RkVA} = \mathbf{RkW} / \mathbf{RPF}$$

Если **RPF** не известно, найдите значение **RkVA** по таблице для трехфазных двигателей.

SkVA вычисляется следующим образом:

1. Если мощность двигателя меньше 500 л.с., выберите величину **SkVA*** в затененной части таблицы 6 в соответствии с мощностью двигателя в лошадиных силах.



4-48

Мощность		ЛИТЕРЫ КЛАССОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО КЛАССИФИКАЦИИ NEMA												ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ		
кВт	Л.С.	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	SPF	КПД	RPF
0,1865	1/4	0,5	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,4	2,9	0,82	62,8	0,55
0,3730	1/2	1,0	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	3,0	3,3	3,8	4,2	4,7	5,9	0,82	62,8	0,55
0,5595	3/4	1,5	2,5	2,8	3,2	3,6	4,0	4,5	5,0	5,7	6,4	7,1	8,9	0,78	69,3	0,64
0,746	1	2	3	4	4	5	5	6	7	8	8	9	12	0,76	73,0	0,70
1,119	1½	3	5	6	6	7	8	9	10	11	13	14	18	0,72	76,9	0,76
1,492	2	4	7	8	8	9	11	12	13	15	17	19	24	0,70	79,1	0,79
2,238	3	6	10	11	13	14	16	18	20	23	25	28	35	0,66	82,5	0,82
3,730	5	10	15	19	21	24	26	30	33	38	42	47	59	0,61	83,8	0,85
5,539	7½	15	25	28	32	36	40	45	50	57	64	71	89	0,56	85,1	0,87
7,460	10	20	33	38	42	47	53	59	67	75	85	95	118	0,53	85,9	0,87
11,19	15	30	50	57	64	71	79	89	100	113	127	142	177	0,49	86,9	0,88
14,92	20	40	67	75	85	95	106	119	134	151	170	190	236	0,46	87,6	0,89
18,65	25	50	84	94	106	119	132	149	167	189	212	237	295	0,44	88,0	0,89
22,38	30	60	100	113	127	142	159	178	201	226	255	285	354	0,42	88,4	0,89
29,84	40	80	134	151	170	190	212	238	268	302	340	380	475	0,39	88,9	0,90
37,30	50	100	167	189	212	237	265	297	335	377	425	475	590	0,36	89,6	0,90
44,76	60	120	201	226	255	285	318	357	402	453	510	570	708	0,36	89,6	0,90
55,95	75	150	251	283	318	356	397	446	502	566	637	712	885	0,34	90,0	0,90
74,60	100	200	335	377	425	475	530	595	670	755	849	949	1180	0,31	90,5	0,91
93,25	125	250	418	471	531	593	662	743	837	943	1062	1187	1475	0,29	90,9	0,91
111,9	150	300	502	566	637	712	794	892	1004	1132	1274	1424	1770	0,28	91,2	0,91
149,2	200	400	669	754	849	949	1059	1189	1339	1509	1699	1899	2360	0,25	91,7	0,91
189,5	250	500	836	943	1061	1186	1324	1486	1674	1886	2124	2374	2950	0,24	92,0	0,91
223,8	300	600	1004	1131	1274	1424	1589	1784	2009	2264	2549	2849	3540	0,22	92,3	0,92
261,1	350	700	1171	1320	1486	1661	1853	2081	2343	2641	2973	3323	4130	0,19	93,1	0,92
298,4	400	800	1338	1508	1698	1898	2118	2378	3018	3398	3798	4720	0,19	93,1	0,92	
373,0	500	1000	1673	1885	2123	2373	2648	2973	3348	3773	4248	4748	5900	0,17	93,8	0,92

ТАБЛИЦА 4-11 SkVA, SPF, КПД И RPF ТРЕХФАЗНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

ПРИМЕЧАНИЕ:

В США для определения SPF и RPF используются кодовые знаки NEMA. Трехфазные двигатели в США классифицируются по **кодовым знакам NEMA** и по **кодам изделия**. Эта классификация не всегда доступна в Европе, однако если эти обозначения имеются, важно помнить, что эти две классификации часто путают, каждая представляет разные соотношения:

КODOBЫЙ ЗНАК NEMA	Полная мощность при заторможенном роторе в кВА к мощности в л.с.
КОД ИЗДЕЛИЯ	Момент к скорости

КЛАСС В СООТВЕТСТВИИ С КОДОМ ИЗДЕЛИЯ**ДВИГАТЕЛИ КЛАССА А**

Эти двигатели характеризуются малым сопротивлением цепи ротора и, следовательно, работают при полных нагрузках с очень малым скольжением. Машины этого класса из-за малого сопротивления ротора имеют большие пусковые токи и стандартный пусковой момент.

ДВИГАТЕЛИ КЛАССА В

Это двигатели общего назначения со стандартным пусковым током и стандартным моментом. Скольжение при полной нагрузке большое (обычно около 5%), и пусковой момент порядка 150% от номинального. Эти характеристики становятся меньше для меньших скоростей и больших моторов. Необходимо понимать, что, хотя пусковой ток стандартный, он составляет обычно 600% от тока при полной нагрузке.

ДВИГАТЕЛИ КЛАССА С

По сравнению с двигателями класса В, двигатели класса С имеют больший пусковой момент, стандартный пусковой ток, и работают при полной нагрузке со скольжением менее 5%. Пусковой момент около 200% от номинального, и двигатели обычно предназначены для пуска при полной нагрузке. Обычно двигатели этого класса применяются для привода конвейеров, поршневых насосов и компрессоров.

ДВИГАТЕЛИ КЛАССА D

Это двигатели с большим скольжением, с большим пусковым моментом и относительно малым пусковым током. Из-за большого скольжения при полной нагрузке их КПД обычно ниже, чем у двигателей других классов. Пик характеристики пускового момента стремится к нулевой точке кривой зависимости скорости и момента, в которой пусковой момент около 300%, что равно моменту заторможенной машины.

4-50

II. Если номинальная мощность двигателя больше 500 л.с., $SkVA$ вычисляется по следующей формуле:

$$SKVA^* = \text{МОЩНОСТЬ ПО ШИЛЬДЕ В ЛОШАДИНЫХ СИЛАХ} \times 5,9$$

III. Если применяется пуск на пониженном напряжении, то для вычисления $SkVA$ надо умножить $SkVA^*$ на коэффициент, который находится из таблицы 6 в соответствии со способом пуска.

СПОСОБ ПУСКА	% ОТ ПОЛНОГО НАПРЯЖЕНИЯ	% ОТ МОЩНОСТИ ПРИ ПОЛНОМ НАПРЯЖЕНИИ	% ОТ МОМЕНТА ПРИ ПОЛНОМ НАПРЯЖЕНИИ	КОЭФ-ФИЦИЕНТ ПЕРЕСЧЕТА ДЛЯ $SkVA$	SPF
Полное напряжение	100	100	100	1,0	-
Автотранс-форматорный пуск	80	64	64	0,64	-
	65	42	42	0,42	-
	50	25	25	0,25	-
Реакторный пуск	80	80	64	0,80	-
	65	65	42	0,65	-
	50	50	25	0,50	-
Реостатный пуск	80	80	64	0,80	0,6
	65	65	42	0,65	0,7
	50	50	25	0,50	0,8
Пуск переключением звезда/треугольник	100	33	33	0,33	-
Пуск переключением отпаяк обмотки (типовой)	100	60	48	0,6	-
Двигатель с фазным ротором	100	160*	100*	1,6*	-

* - это проценты или коэффициенты от рабочего тока, который зависит от величины активных сопротивлений, включенных в цепь обмотки ротора. См. Техническую Информацию.

ТАБЛИЦА 4-12 МЕТОДЫ ПУСКА ДВИГАТЕЛЕЙ НА ПОНИЖЕННОМ НАПРЯЖЕНИИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

SkW вычисляется по следующей формуле:

$$SkW = SkVA \times SPF$$

- I. Если SPF не известно, обратитесь к таблице 4-11 и используйте величину в соответствии с мощностью двигателя. Если используется реостатный способ пуска двигателя на пониженном напряжении, используйте величину SPF из таблицы 4-12.



ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ НАГРУЗКИ

Синхронные двигатели обычно запускаются как асинхронные, и для выбора генераторной установки могут рассматриваться как асинхронные двигатели.

4-52

ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКИ

Получите о нагрузке следующую информацию

Тип нагрузки	ИБП, зарядное устройство, приводы с регулированием скорости вращения
Номинальная мощность нагрузки	в кВА, кВт
Тип коммутации	3-импульсная, 6-импульсная, 12-импульсная

Эти нагрузки характеризуются тем, что потребляемый ток сосредоточен в одной определенной точке каждого периода изменения напряжения. Нелинейные нагрузки – это обычно любые нагрузки, содержащие:

- **КРЕМНИЕВЫЕ УПРАВЛЯЕМЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ**

Эти устройства применяются в следующих типах нагрузки:

- **В СТАТИЧЕСКИХ ИЛИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИСТОЧНИКАХ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ (ИБП);**
- **В МОЩНЫХ УСТРОЙСТВАХ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ, ОСОБЕННО ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОМ ОБОРУДОВАНИИ;**
- **В ДВИГАТЕЛЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА, РАБОТАЮЩИХ ОТ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ;**
- **В ПРИВОДАХ С РЕГУЛИРОВАНИЕМ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ;**
- **В ИСТОЧНИКАХ ПИТАНИЯ;**
- **В УСТРОЙСТВАХ МЯГКОГО ПУСКА ДВИГАТЕЛЕЙ.**

Информацию, касающуюся требуемой для нелинейной нагрузки активной и полной мощности, не всегда легко получить у производителей и у пользователей, даже ту, которая известна пользователям.

Очень трудно вычислить точную потребность в мощности для нелинейной нагрузки без детальной информации о ее номинальных данных и технологии.

НИЖЕСЛЕДУЮЩИЕ ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ МОГУТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНЫ ТОЛЬКО КАК ПОСЛЕДНЕЕ СРЕДСТВО, КОГДА НЕВОЗМОЖНО УЖЕ БОЛЬШЕ НИЧЕГО ВЫЯСНИТЬ У ЗАКАЗЧИКА.

4-53

Когда имеется только ограниченная информация об элементах нелинейной нагрузки, тогда используйте следующие правила для выбора генератора для питания нелинейной нагрузки:

ПРОЦЕНТ НЕЛИНЕЙНЫХ НАГРУЗОК В ПОЛНОЙ НАГРУЗКЕ	ПРИНЦИП ВЫБОРА ГЕНЕРАТОРА
Менее 30% от полной нагрузки	используйте генератор на полную нагрузку
Между 30% и 60%	используйте генератор следующего номинала
Более 60%	используйте генератор на два номинала больший

**ТАБЛИЦА 4-13 УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ
НЕЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКИ**

4-54

Для **СТАТИЧЕСКОГО ИБП**, когда в дополнение к номинальной мощности, получена следующая информация:

- **ПОЛНАЯ МОЩНОСТЬ, ТРЕБУЕМАЯ ДЛЯ ЗАРЯДА БАТАРЕИ, СОСТАВЛЯЮЩАЯ ОТ НУЛЯ ДО 50% МОЩНОСТИ ИБП**
- **ТРЕХ-, ШЕСТИ- ИЛИ ДВЕНАДЦАТИ-ИМПУЛЬСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЛЯ ЗАРЯДА**

характеристики вычисляются по следующей формуле:

$$\mathbf{RkW} = ((\text{выходная мощность} + \text{мощность заряда батареи}) \times \mathbf{RPF}) \mathbf{КПД}$$

- I. Где выходная мощность в **кВА** – мощность ИБП в **кВА** по шильде
- II. Мощность заряда батареи в **кВА** – мощность, требуемая для заряда батареи, которая может составить от нуля до 50% мощности ИБП.
- III. Примем **RPF** = 0,9 для ИБП, если иное не известно.
- IV. Примем **КПД** = 0,85 для ИБП, если иное не известно.

Если иное не известно, для ИБП:

$$\mathbf{SkW} = \mathbf{RkW}$$

$$\mathbf{SPF} = \mathbf{RPF}$$

$$\mathbf{RkVA} = \mathbf{RkW/RPF}$$

$$\mathbf{SkVA} = \mathbf{SkW/SPF}$$

Активная мощность генератора (**GkW**) вычисляется следующим образом:

Для 3-импульсного ИБП

$$\mathbf{GkW} = 2,5 \times \mathbf{RkW}$$

Для 6-импульсного ИБП

$$\mathbf{GkW} = 2 \times \mathbf{RkW}$$

Для 12-импульсного ИБП

$$\mathbf{GkW} = 1,5 \times \mathbf{RkW}$$

4-55

Для **ПРИВОДОВ С РЕГУЛИРОВАНИЕМ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ RkW** вычисляется с помощью следующей формулы:

$$\mathbf{RkW = \text{Выходная мощность привода} / КПД}$$

Примем **КПД** = 0,9 если не известно иное.

RkVA вычисляется по следующей формуле:

$$\mathbf{RkVA = RkW / RPF}$$

Примем **RPF** (рабочий коэффициент мощности) равным 0,9, если не известно иное.

Поскольку эти привода ограничивают все токи:

$$\mathbf{SkW = RkW}$$

$$\mathbf{SkVA = RkVA}$$

График ограничения тока находится в диапазоне от 1,25 до 1,75, примем значение 1,75, если не известно иное.

Мощность генератора (**GkW**) вычисляется по следующей формуле, если принять коэффициент выбора генератора равным 2, если не известно иное:

$$\mathbf{GkW = 2 \times RkW}$$

ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕКУПЕРАТИВНОЙ НАГРУЗКИ

При торможении определенных видов нагрузки, таких, как:

- **КРАНЫ**
- **ЛИФТЫ**
- **ОДНОКОВШОВЫЕ ЭКСКАВАТОРЫ**
- **РАЗВОДНЫЕ МОСТЫ**
- **ШАХТНЫЕ ПОДЪЕМНИКИ**

механическая энергия может быть возвращена в сеть в виде электрической энергии. Эта энергия может быть использована другим оборудованием, работающим от этой сети или источника. Избыток возвращаемой энергии может привести к тому, что генератор, питающий это оборудование, может перейти в двигательный режим, пытаясь вращать первичный двигатель. Скорость вращения генераторной установки возрастет, и в ответ топливный регулятор первичного двигателя уменьшит подачу топлива. Если возрастание скорости продолжится, регулятор может стать неэффективным. Разноса в этом случае можно избежать только если возвращаемая энергия полностью компенсируется механическими потерями первичного двигателя и электрическими потерями генератора. Уровень рекуперации энергии, составляющий более 10% номинальной мощности дизель-генератора, является опасным. Разнос происходит, если возвращаемая энергия превысит 25 – 30% от номинальной.

Для предотвращения возникновения этой проблемы, рекуперативные нагрузки должны быть соединены с другими нагрузками, которые могут поглотить эту энергию.

Если другие присоединенные нагрузки не превышают мощность рекуперативной нагрузки, необходимо установить дополнительную длительную балластную нагрузку, которая может поглотить возвращаемую энергию.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИКЛИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Определенные нагрузки, такие как:

- **РАДИОМАЯКИ**
- **РАДИОПЕРЕДАТЧИКИ**

меняются циклически с регулярным интервалом от 0,3 до 0,5 секунд. Когда периодическое импульсное изменение нагрузки взаимодействует с топливным регулятором первичного двигателя возникают качания скорости. Улучшение регулирования скорости путем установки более быстродействующего регулятора может только внести нестабильность и возможный ускоренный износ движущихся частей регулятора. Уменьшение быстродействия регулятора должно смягчить рыскание, но при этом появляется риск, что способность регулятора восстанавливать скорость при нормальной работе выйдет за допустимые границы.

Следовательно, должен быть найден компромисс между выбором правильного момента инерции на валу генератора и правильной реакции регулятора на предполагаемую циклическую нагрузку. Подходящим решением этой проблемы представляется большой маховик и большой типоразмер генератора.

Выбирайте его, как в случае нагрузки в виде ИБП.

4-58

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕМКОСТНОЙ НАГРУЗКИ

Она может появиться, как результат:

- **БОЛЬШОГО КОЛИЧЕСТВА КОНДЕНСАТОРОВ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ РАЗРЯДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ТАМ, ГДЕ ОСВЕЩЕНИЕ ЕДИНСТВЕННАЯ НАГРУЗКА.**
- **ДЛИННОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ МЕЖДУ НАГРУЗКОЙ И ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКОЙ.**
- **ЧРЕЗМЕРНОЙ КОРРЕКЦИИ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ.**

Емкостная нагрузка может вызвать появление повышенного напряжения на выводах генератора и на диодах в цепи возбуждения.

Если нагрузка ЕМКОСТНАЯ, проконсультируйтесь с производителями генератора.

Проблемы коррекции коэффициента мощности широко распространены и вызывают эффект обратной реактивной мощности генератора. Это приводит к тому, что АРН уменьшает ток возбуждения, пытаясь ограничить рост напряжения. Критическая ситуация возникает, когда регулирование напряжения становится нестабильным, и дальнейшее увеличение емкости может вызвать серьезные повреждения от перенапряжения.

В основном проблемы происходят с большим количеством разрядного освещения или при коррекции коэффициента мощности, где контрольное реле имеет задержку по времени для избежания частых переключений.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

У некоторых видов оборудования ухудшаются характеристики при питании его нестабильным переменным напряжением, которое имеет генератор при включении и отключении нагрузок. Следующее оборудование в особенности чувствительно к перепадам:

- **МЕДИЦИНСКОЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ РЕНТГЕНОСКОПИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Оно особенно чувствительно, необходимо избегать сбросов и набросов нагрузки на питающий его генератор, пока оно работает. Четкость снимков пропорциональна величине питающего напряжения.

- **РАДИО И РАДАРНЫЕ ИЗЛУЧАТЕЛИ**

Интенсивность излучения часто пропорциональна питающему напряжению.

- **ЭЛЕКТРОННОЕ ОФФИСНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Офисное оборудование в качестве нагрузки состоит из компьютеров, лазерных принтеров и факсимильных аппаратов, и может быть оценено приблизительно как 10 – 20 ватт на квадратный метр офисной площади. Это оборудование часто некритично, однако следует избегать применение нестабильного питания этого типа оборудования (Блоки питания которого можно в основном отнести к нелинейным нагрузкам).

- **ИБП**

Они чувствительны к изменениям питающего переменного напряжения и должны быть включены в последнюю ступень нагрузки генераторной установки.

В каждом из вышеперечисленных случаев рекомендуется убедиться, что это нагрузки последней ступени, подключаемые к резервной генераторной установке.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛНОЙ НАГРУЗКИ СТУПЕНЕЙ

Суммируйте нагрузки в первой **ТАБЛИЦЕ ВЫБОРА ГЕНЕРАТОРА**, внесите итог на первый лист, затем перенесите итог на следующий лист, сложите эти итоги, и перенесите эту цифру на следующий лист. Повторите эту процедуру для всех последующих **первой ТАБЛИЦЕ ВЫБОРА ГЕНЕРАТОРА** для всех ступеней нагрузки.

Теперь просмотрите все страницы и выделите наибольшие значения **SkVA, RkVA, SkW, RkW, GkW**.

Наибольшая цифра будет использована для выбора генераторной установки.

4-61

СПРАВОЧНОЕ РУКОВОДСТВО ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

[illegible]

5. ВЫБОР ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Главная цель на этом этапе – выбор наиболее экономичного размера генераторной установки. Самая маленькая генераторная установка, подходящая для данной нагрузки – наиболее экономична.

Перед принятием окончательного решения примите во внимание следующее:

- Понижающие коэффициенты для высоты над уровнем моря и температуры места установки должны быть применены к мощности генераторной установки перед сравнением с нагрузочными требованиями.
- Система охлаждения должна быть выбрана для окружающей температуры данной установки.
- Генератор должен иметь после применения понижающих коэффициентов подходящую длительную мощность, большую, чем максимальные величины RkW и $RkVA$, определенные в **ТАБЛИЦЕ ВЫБОРА ГЕНЕРАТОРА**.
- Генератор должен иметь после применения понижающих коэффициентов максимальную способность к принятию ступени нагрузки больше максимальных величин SkW и $SkVA$, определенных в **ТАБЛИЦЕ ВЫБОРА ГЕНЕРАТОРА**.
- Генератор должен иметь после применения понижающих коэффициентов мощность в длительном режиме выше максимальной величины GkW , определенной в **ТАБЛИЦЕ ВЫБОРА ГЕНЕРАТОРА**.
- Пусковая активная мощность SkW должна быть не больше максимальной мощности приводящего генератор двигателя.
- Напряжение и частота генератора во время переходных процессов для данных нагрузок должны быть внутри определенных пределов, или **КЛАССА РЕГУЛИРОВАНИЯ**.
- Убедитесь, что нагрузка сбалансирована, каждая фаза нагружена в пределах 20% от каждой другой фазы. Убедитесь, что нагрузка любой одной малой фазы не превышает одной третьей от полной мощности генератора. Если излишний небаланс имеет место, пересоедините однофазные нагрузки.
- Минимальная нагрузка на генераторную установку не должна быть менее приблизительно 30% от ее номинальной мощности.
- С точки зрения расхода топлива для генераторной установки наиболее экономично работать с нагрузкой более 50%.
- Запас по мощности должен быть оставлен между 20% и 30% для того, чтобы позволить дальнейшее расширение. Это особенно важно для установок на новых объектах.
- Генератор и двигатель должны быть подобраны по крутящему моменту.

4-63

**ТРЕБОВАНИЯ К МЕСТУ УСТАНОВКИ И АНАЛИЗ НАГРУЗКИ –
ОПРОСНЫЙ ЛИСТ**

- ТЕМПЕРАТУРА НА ОБЪЕКТЕ
- ПУСКОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ – ПУСКОВЫЕ УСТРОЙСТВА
- ВЫСОТА НАД УРОВНЕМ МОРЯ ОБЪЕКТА
- ВЛАЖНОСТЬ НА ОБЪЕКТЕ
- ЗАПЫЛЕННОСТЬ НА ОБЪЕКТЕ

- АТМОСФЕРНЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ОБЪЕКТЕ
- НАЛИЧИЕ БРЫЗГ СОЛЕНОЙ ВОДЫ НА ОБЪЕКТЕ
- СКОРОСТЬ ВЕТРА НА ОБЪЕКТЕ
- НАЛИЧИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ НА ОБЪЕКТЕ

- СУММАРНАЯ НАГРУЗКА ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ ПРОЦЕДУРЫ ВЫБОРА ГЕНЕРАТОРА

- ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ НАГРУЗКИ
- ОДНА СТУПЕНЬ
- ОДНА СТУПЕНЬ, С КОЭФФИЦИЕНТОМ РАЗНОВРЕМЕННОСТИ
- МНОГОСТУПЕНЧАТАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ

- ОДНО- ИЛИ ТРЕХФАЗНАЯ НАГРУЗКА
- БАЛАНС ОДНОФАЗНЫХ НАГРУЗОК

- ЭЛЕМЕНТЫ НАГРУЗКИ
- УСТАНОВИВШИЕСЯ И ПЕРЕХОДНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ

- ОСВЕЩЕНИЕ
- ДВИГАТЕЛИ
- СТАТИЧЕСКИЕ ИБП
- БЛОКИ ПИТАНИЯ
- ПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА
- ПРИВОДА С РЕГУЛИРОВАНИЕМ СКОРОСТИ

- НАЛИЧИЕ РЕКУПЕРАТИВНЫХ НАГРУЗОК
- НАЛИЧИЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЗОК
- НАЛИЧИЕ ЕМКОСТНЫХ НАГРУЗОК
- НАЛИЧИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК

- ОЦЕНКА ПЕРЕХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

- ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГО КОЭФФИЦИЕНТА НАГРУЗКИ И РЕЖИМА РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА

4-64

- МОЩНОСТЬ В ДЛИТЕЛЬНОМ РЕЖИМЕ
- МОЩНОСТЬ В КРАТКОВРЕМЕННОМ РЕЖИМЕ
- ПЕРВИЧНАЯ МОЩНОСТЬ

- ТРЕБОВАНИЯ ПО ПЕРЕХОДНЫМ ПРОЦЕССАМ В НАГРУЗКЕ
- МИНИМАЛЬНАЯ НАГРУЗКА ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ
- МИНИМАЛЬНАЯ НАГРУЗКА ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСХОДА ТОПЛИВА
- ЗАПАС ПО МОЩНОСТИ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ
- СООТВЕТСТВИЕ ПО КРУТЯЩЕМУ МОМЕНТУ



4-65

СПРАВОЧНОЕ РУКОВОДСТВО ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

ISO 8528 ЧАСТЬ 1 – ВЫРАБОТКА

КЛАСС	УСТАНОВИВШИЙСЯ РЕЖИМ	ПРОСАДКА	ПРИЛАГАЕМАЯ НАГРУЗКА	ПРЕДЕЛ ВОССТАНОВЛЕНИЯ	ОТКЛЮЧЕНИЕ НАГРУЗКИ	ВКЛЮЧЕНИЕ НАГРУЗКИ	ВРЕМЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
G1 ТОПЛИВНЫЙ РЕГУЛЯТОР	В ПРЕДЕЛАХ 2,5% ОТ НОМИНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ	В ПРЕДЕЛАХ =<8% ОТ НОМИНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ	100%	В ПРЕДЕЛАХ 3,5% ОТ НОМИНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ	18%	15%	10 с
G1 РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ	±5% ОТ ОМИНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ		100%	95% ОТ НОМИНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ	35% ПРЕВЫШЕНИЕ ПЕРЕХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ	25% ПРОСАДКА ПЕРЕХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ	10 с
<i>m.e.</i>			35%	95%	15%		1,5 с
КЛАСС	УСТАНОВИВШИЙСЯ РЕЖИМ	ПРОСАДКА	ПРИЛОЖЕННАЯ НАГРУЗКА	ПРЕДЕЛ ВОССТАНОВЛЕНИЯ	ОТКЛЮЧЕНИЕ НАГРУЗКИ	ВКЛЮЧЕНИЕ НАГРУЗКИ	ВРЕМЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
G2 ТОПЛИВНЫЙ РЕГУЛЯТОР	В ПРЕДЕЛАХ 1,5% ОТ НОМИНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ	В ПРЕДЕЛАХ =<5% ОТ НОМИНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ	100%	В ПРЕДЕЛАХ 2,0% ОТ НОМИНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ	12%	10%	5 с
G2 РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ	±2,5% ОТ НОМИНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ		100%	97% ОТ НОМИНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ	25 % ПРЕВЫШЕНИЕ ПЕРЕХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ	20% ПРОСАДКА ПЕРЕХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ	6 с
<i>m.e.</i>			60%	97%		15%	0,5 с
КЛАСС	УСТАНОВИВШИЙСЯ РЕЖИМ	ПРОСАДКА	ПРИЛОЖЕННАЯ НАГРУЗКА	ПРЕДЕЛ ВОССТАНОВЛЕНИЯ	ОТКЛЮЧЕНИЕ НАГРУЗКИ	ВКЛЮЧЕНИЕ НАГРУЗКИ	ВРЕМЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
G3 ТОПЛИВНЫЙ РЕГУЛЯТОР	В ПРЕДЕЛАХ 0,5% ОТ НОМИНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ	В ПРЕДЕЛАХ =<3% ОТ НОМИНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ	100%	В ПРЕДЕЛАХ 2,0% ОТ НОМИНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ	10%	7%	3 с
G3 РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ	±1% ОТ НОМИНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ		100%	99% ОТ НОМИНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ	15 % ПРЕВЫШЕНИЕ ПЕРЕХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ	15% ПРОСАДКА ПЕРЕХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ	4 с
<i>m.e.</i>			60%	99%		15%	0,5 с

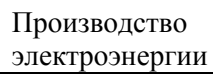


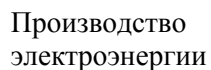
4-66

СРАВНЕНИЕ КЛАССА ИСПОЛНЕНИЯ

ПАРАМЕТР	ISO 8528 G1	ISO 3046 A2	ISO 8528 G2	ISO 3046 A1	ISO 8528 G3	ISO 3046 -	ISO 8528 G4	ISO 3046 A0
ПРОСАДКА ЧАСТОТЫ	<=8%	<=8%	<=5%	<=5%	<=3%	-	AMC	AMC
ДИАПАЗОН ЧАСТОТЫ В УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ	<=2,5%	<=1,0% 1,5%	<=1,5%	<=0,8% 1,0%	<=0,5%	-	AMC	AMC
ОТКЛОНЕНИЕ ЧАСТОТЫ В ПЕРЕХОДНОМ РЕЖИМЕ ОТ ИСХОДНОЙ 100% ЧАСТОТЫ ПРИ ВНЕЗАПНОМ УМЕНЬШЕНИИ НАГРУЗКИ	<=+18%	<=15%	<=+12%	<=10%	<=+10%		AMC	AMC
ПРИ ВНЕЗАПНОМ УВЕЛИЧЕНИИ НАГРУЗКИ	<=-(15%+ просадка)	<=15%	<=-(10%+ просадка)	<=10%	<=-(7%+ просадка)	-	AMC	AMC
ВРЕМЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЧАСТОТЫ	<=10с	<=15с	<=5с	<=8с	<=3с	-	AMC	AMC

AMC = по соглашению между производителем и заказчиком

[illegible]

[illegible]

Раздел 5. Инструкция по монтажу

Оглавление

Инструкция по монтажу
Монтаж генераторной установки
Монтаж кабеля – нормативы Европейского сообщества
Технические характеристики кабеля
Изоляционные материалы и соединительные материалы
Номинальные величины напряжения кабеля
Технические данные пожарной безопасности
Обзор условных обозначений, используемых при идентификации кабеля
Размер кабеля под нагрузкой
Способы монтажа кабеля
Разделение кабелей
Пакетирование или группировка кабелей
Концевая заделка кабеля
Уплотнение кабеля на входе и выходе
Методика определения величины кабеля под нагрузкой
Защитные устройства для нагрузок и кабелей под нагрузкой
Рекомендации Нормативов по подключению проводов IEE
Дополнительные аварийные системы для монтажа генераторных установок
Управление и распределительное устройство
Заземление
Системное заземление
Заземление оборудования
Молниезащита
Источники шума дизельного генератора
Затухание звуковой волны
Затухание шума генераторной установки
Звуковая нагрузка
Шкала децибел
Европейское законодательство
Понижение уровня шума на выходе

ИНСТРУКЦИИ ПО МОНТАЖУ

Чтобы выбрать необходимую генераторную установку, которая подойдет для данной сферы применения, важно самым внимательным образом учитывать факторы, которые оказывают влияние на монтаж установки. Предварительное знакомство с монтажом предполагаемой генераторной установки повысит вероятность с самого начала создать системы, подходящие к генераторной установке, и таким образом избежать дорогостоящих и отнимающих много времени проблем на строительной площадке.

Факторы, которые влияют на технические параметры генераторной установки и которые необходимо принимать во внимание при выборе генераторной установки, следующие:

- **СИСТЕМЫ КАБЕЛЕЙ**
- **ЗАТУХАНИЕ ЗВУКА**
- **ТОПЛИВНЫЕ СИСТЕМЫ**
- **СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ**
- **СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ВОЗДУХА**
- **ВЫХЛОПНЫЕ СИСТЕМЫ**
- **СИСТЕМЫ СМАЗКИ**
- **СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**
- **СИСТЕМЫ ЗАПУСКА**
- **МОНТАЖ ДВИГАТЕЛЯ**
- Из всех этих перечисленных систем, в данной главе подробно рассматриваются только две, **СИСТЕМА КАБЕЛЕЙ** и **ЗАТУХАНИЕ ЗВУКА**. Оставшиеся системы, имеющие отношение к системе двигателей, рассматриваются в Руководстве по монтажу генераторов и их использованию.

МОНТАЖ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

При монтаже генераторной установки используются следующие виды кабелей:

- **КАБЕЛИ, НЕСУЩИЕ НАГРУЗКУ.**

Это кабели сверхпрочные, рассчитанные на то, чтобы выдержать токовую нагрузку при рабочем напряжении.

- **КАБЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ.**

Это кабели, эксплуатирующиеся в менее тяжелом режиме, чем кабели нагрузки, они рассчитаны на то, чтобы нести токи управления при напряжении аккумуляторной батареи.

МОНТАЖ КАБЕЛЕЙ – НОРМАТИВЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СООБЩЕСТВА

В международных рекомендациях IEC-364 определены требования к монтажу электрических кабелей. В Европе CENELEC изложила эти национальные требования под обозначением CENELEC-384.

Каждая Европейская страна имеет свое собственное издание этих требований. В Великобритании Нормативы по подключению проводов BS7671 определяют требования при монтаже проводов ко всем бытовым, коммерческим и промышленным установкам.

При определенных обстоятельствах нормативы требуют, чтобы работы по подключению электрических проводов выполнялись аттестованным персоналом.

Несоблюдение определенных стандартов во время проведения монтажа электрических кабелей может быть опасным, это может повлечь за собой уголовную и гражданскую ответственность персонала, участвовавшего в выполнении данных работ.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАБЕЛЕЙ

ДОПУСТИМАЯ НАГРУЗКА ПО ТОКУ

Кабели используются в диапазоне рабочей нагрузки, которая определяется допустимым нагревом изолятора. Допустимая нагрузка по току данного кабеля прямо пропорциональна площади поперечного сечения кабеля, длине использованного кабеля и величине сопротивления кабеля, а также зависит от способа монтажа.

Допустимая нагрузка кабеля по току всегда должна быть больше полного тока нагрузки (и в пределах отключающей способности защитной системы). Максимально допустимая непрерывная нагрузка кабеля зависит от способа, которым генерируется тепло внутри кабеля, и от того, насколько эффективно изолирующий материал рассеивает это тепло. На допустимую нагрузку кабеля по току влияют следующие факторы:

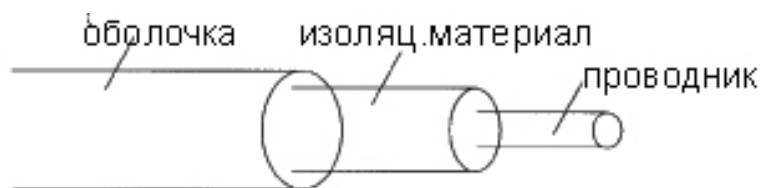
- Материал проводника. Алюминий или медь.
- Материал изолятора. Теплопроводные свойства изолирующего материала влияют на допустимую нагрузку кабеля по току. Смотрите материал дальше.
- Материал, из которого изготовлены защитные покрытия, изоляция и броня кабелей. Теплопроводные свойства изолирующего материала влияют на допустимую нагрузку кабеля по току.
- Температура окружающего воздуха. Температура окружающего воздуха влияет на термический КПД охлаждения кабеля в окружающей среде.
- Способ изоляции – на открытом воздухе, проложен в траншеях с другими кабелями. Кабель, находящийся на открытом воздухе, будет охлаждаться более эффективно, чем кабель, проложенный в земле и сгруппированный вместе с другими такими же кабелями. У кабелей, расположенных в земле или объединенных с другими кабелями, необходимо учитывать снижение номинальных значений.

РАБОЧАЯ ТЕМПЕРАТУРА

Рабочая температура определяется как температура, при достижении которой кабель может нести номинальный ток. Выше этой температуры допустимая нагрузку кабеля по току необходимо уменьшить, иначе говоря, необходимо снизить номинальные значения, в соответствии с таблицами понижения номинальных значений, предоставленными изготовителем.

САМОВОЗГОРАНИЕ

Самовозгорание – это температура, при которой воспламеняются части кабеля. Эта температура значительно превышает рабочую температуру. Самовозгорание происходит в том случае, если кабель непрерывно проводит ток, значительно превышающий номинальное значение тока.



МАТЕРИАЛ ОБОЛОЧКИ И ИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

Кроме изоляционного материала кабеля, часто поверх него имеется защитная оболочка. Она служит или как оболочка, выполняющая защиту от физических повреждений, или как основа для наложения дополнительной защитной брони. Используемый для изоляции кабеля и его оболочки материал влияет на номинальные значения кабеля. Обычно в качестве изоляционного материала кабеля и в качестве изоляционного материала вообще используются термопластическая пластмасса или эластомер. Наиболее распространены следующие материалы:

ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ – после деформации они не возвращаются к исходной форме при комнатной температуре.

ПВХ – ПОЛИВИНИЛХЛОРИД – Этот термопластичный материал имеет наиболее широкое применение вследствие своей общедоступности и дешевизны. Однако при возгорании этот материал выделяет токсичные кислотные газы. Рабочая температура этого материала ограничена до 70°C. Недостаток – его нельзя использовать в условиях замерзания.

ЭЛАСТОМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ – после деформации при комнатной температуре этот материал возвращается к своей исходной форме.

ЭТИЛЕНПРОПИЛЕНОВЫЙ КАУЧУК (ЭПК)

Этот материал такой же гибкий, как и натуральный каучук, но его рабочие температуры выше.

СШИТЫЙ ПОЛИЭТИЛЕН (XLPE).

Этот материал менее гибок, чем этиленпропиленовый каучук. Его рабочая температура короткого замыкания выше, поэтому можно уменьшить площадь поперечного сечения по сравнению с кабелями с изоляцией из ПВХ, что полезно при создании пучка кабелей в ограниченном пространстве. Сшитый полиэтилен горюч, но количество выделяемых газов и дыма меньше, чем у ПВХ.

ХЛОР-СУЛЬФАНИРОВАННЫЙ ПОЛИЭТИЛЕН (CSP)

Он используется в качестве материала оболочки, особенно при использовании на море. Он, как правило, используется вследствие своей высокой устойчивости к маслу, нагреву и антипиреновых свойств.

ПОЛИХЛОРОПРЕН (PCP)

Устойчивость к нагреву и маслу такая же, как и у CSP. Кроме того, обладает еще и особенно высокой устойчивостью к истиранию.

МАТЕРИАЛ	САМОВОЗГОРАНИЕ	МИН. ТЕМПЕРАТУРА МОНТАЖА	ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗНАЧЕНИЙ	
			ПОСТОЯННАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ (5 СЕК.)
ПВХ	390-450°C	0°C	70°C	140-160°C
ЭПК	400°C	-40°C	90°C	250°C
XLPE	350°C	-40°C	90°C	250°C
CSP	400°C	-35°C	85°C	250°C
PCP	400°C	-40°C	60°C	250°C

НОМИНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПРЯЖЕНИЯ КАБЕЛЕЙ КАБЕЛИ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДО 600В

Кабели с оболочкой из ПВХ широко используются при номинальных значениях до 600 в. В Великобритании эти кабели поставляются как бронированными, так и не бронированными.

БРОНИРОВАННЫЕ

600/ 1000 вольт по BS6346, используются для монтажа в земле, кабелепроводах или на воздухе.

НЕ БРОНИРОВАННЫЕ

450/ 750 вольт по BS6004, пригодны для монтажа только в тех местах, где нет опасности механического повреждения.

КАБЕЛИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДО 3,3 КВОЛЬТ.

Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена XLPE или из твердого этиленпропиленового каучука HEPR широко применяются при напряжениях до 3,3 квольт. Бронированные кабели до 3,3 квольт по BS5467 имеют слой из ПВХ.

КАБЕЛИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ОТ 3,3 КВОЛЬТ ДО 33 КВОЛЬТ.

Кабели, рассчитанные на напряжение от 6,6 квольт до 33 квольт, экранируются при помощи изоляции из ПВХ, полупроводникового слоя, медного слоя, оболочки из ПВХ и гальванизированной стальной брони с наружной оболочкой из ПВХ.

Кабели высокого напряжения изготавливаются в соответствии с BS6622 и подобным ему, но не равноценным стандартом IEC 502.

ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В некоторых случаях очень важно, чтобы в случае пожара кабель не дымил или не способствовал распространению огня. Кабели, имеющие противопожарные свойства, классифицируются следующим образом:

ПОЖАРОУСТОЙЧИВЫЕ КАБЕЛИ ИЕС 331

Эти кабели должны выдерживать газовое пламя 750оС в течение 3 часов.

КАБЕЛЯ – ИНГИБИТОРЫ ПЛАМЕНИ ИЕС 332-1

Эти кабели должны гаснуть сами и не способствовать опасности распространения пожара.

КАБЕЛИ С ПОНИЖЕННОЙ СКОРОСТЬЮ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ ИЕС332-3

Эти кабели должны сдерживать распространение пламени при укладке в кабельный пучок.

КАБЕЛИ С НИЗКИМ ВЫДЕЛЕНИЕМ ДЫМА И НЕ СОДЕРЖАЩИЕ ГАЛОГЕНОВ.

Эти кабели должны выделять мало дыма, их составляющие не содержат галогенов. Дым с содержанием галогенов имеет кислотные свойства. Для этих кабелей типично содержание кислого газа 0,5% (ИЕС 754-1). Содержание кислого газа в кабелях с ПВХ около 30%.

5-9

Сводная таблица обозначений, применяемых при маркировке кабелей.

Сокращенное обозначение	Название	Примечания
CPE	Хлорированный полиэтилен	
CSP	Хлорсульфированный полиэтилен	
EPR	Этиленпропиленовый каучук	
ETFE	Этиленпропиленовый каучук	
FP	Пожарная устойчивость	
FR	Ингибитор пламени	
HOFR	Устойчивый к нагреву и маслу и ингибитор пламени	
LDPE	Полиэтилен с низкой плотностью	Изготавливается по BS6724
LSF	Низкое выделение дыма и газов	Изоляция не содержит галогенов
LSOH	Низкое выделение дыма и отсутствие галогенов	
MI	Минеральная изоляция	
NH	Галогены отсутствуют	
PILC	Бумажная изоляция, свинцовое покрытие	По BS6480 с оболочкой из ПВХ
PTFE	Политетрафторэтилен	
PVC	Поливинилхлорид	Широко применяется до 70°C по BS6346
RS	Пониженное выделение дыма	
SWA	Один слой проволоочной брони	Как правило, стальная или алюминиевая
TCWB	Оплетка кабеля из медной проволоки с оловянным покрытием	
TRS	Изоляция из прочной резины	
TSWB	Оплетка кабеля из стальной проволоки с оловянным покрытием	
VR	Вулканизированная резина (каучук)	По BS5467
XLPE	Сшитый полиэтилен	Применяется до 90°C

5-10

РАЗМЕР КАБЕЛЯ, НЕСУЩЕГО НАГРУЗКУ

На выбор размера проводника при любом монтаже влияют следующие факторы:

ТЕМПЕРАТУРА

Необходимо снижение номинальных значений при превышении рабочей температуры кабеля.

НЕПРЕРЫВНАЯ КРАТКОВРЕМЕННАЯ И ЦИКЛИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА

Допустимая нагрузка кабеля по току должна быть выше максимального удельного тока короткого замыкания в системе.

ТИП ЗАЩИТЫ, КОТОРЫЙ ДОПУСКАЕТСЯ ПРИМЕНЯТЬ ПРОТИВ ТОКА ПЕРЕГРУЗКИ И ТОКА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СИСТЕМЕ.

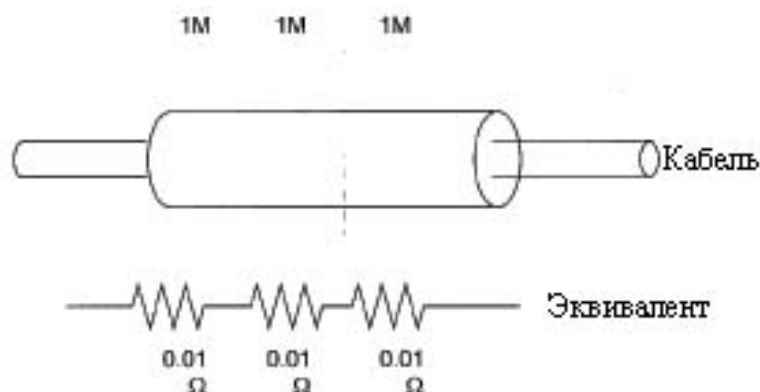
Нельзя превышать допустимую нагрузку кабеля то току и устойчивость к напряжению данного кабеля. Эти ограничения по эксплуатации кабеля необходимо принимать во внимание при выборе приборов защиты для системы генератора. В особенности на максимальную допустимую нагрузку по току кабелей под нагрузкой будет влиять применяемая система защиты от сверхтоков. Следует выбирать кабели, которые будут работать при значениях, превышающих пороговое значение расцепления при превышении напряжения в системе.

УЧЕТ ПАДЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ.

Следует делать кабели, несущие нагрузку, как можно короче. Как бы ни было мало сопротивление самих медных проводников, оно суммируется в кабелях, имеющих значительную длину. Незначительное сопротивление кабеля, существующее на единицу его длины, очень быстро приведет к заметному падению напряжения при укладке кабеля длиной в несколько метров, соединяющего находящийся в отдалении генератор с его нагрузкой. Если нет возможности избежать большого расстояния между нагрузками, необходимо применять кабель с очень низким сопротивлением или параллельно укладывать еще такой же кабель, чтобы получить требуемое рабочее напряжение на терминалах нагрузки.

РАБОЧЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Как и все изоляционные материалы, оболочка и изоляция кабеля будет нарушена и станет проводить электричество в случае, если будет значительно увеличена разность потенциалов. Кабели рассчитаны на эксплуатацию при низком или высоком напряжении, затем они классифицируются по своим рабочим величинам напряжения. Никогда не следует превышать номинального напряжения кабеля, так как это может привести к нарушению целостности вставок.

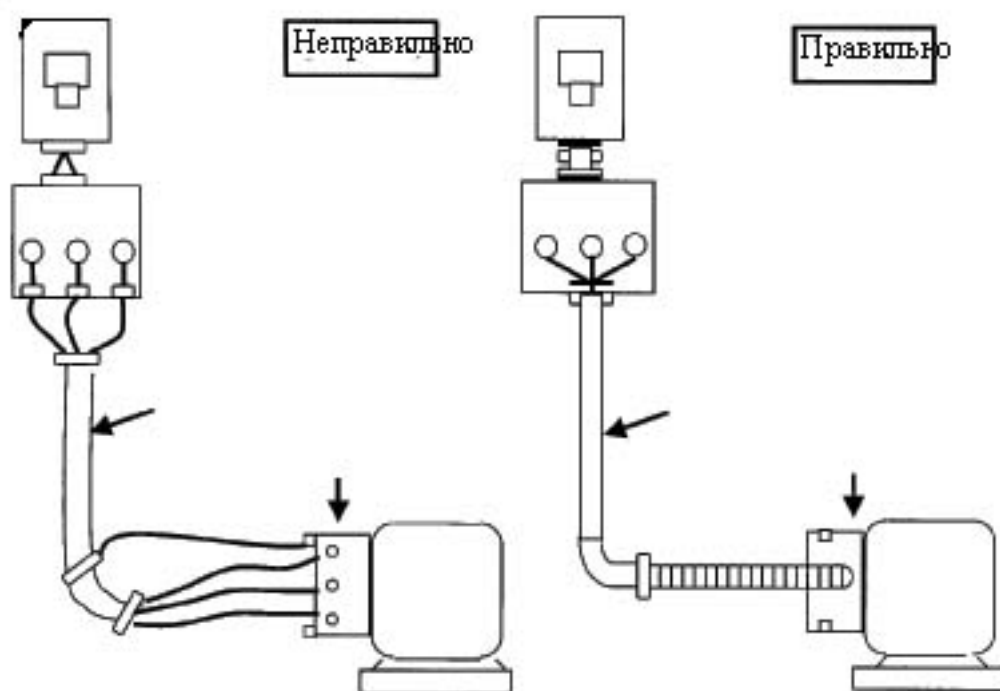


СПОСОБЫ УКЛАДКИ КАБЕЛЯ

Укладку кабеля можно проводить различными способами:

- **ОТКРЫТЫЕ КАБЕЛИ КРЕПЯТСЯ НЕПОСРЕДСТВЕННО К ПОВЕРХНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ, К БАЛКАМ СТЕН И К ПОТОЛКАМ.**
- **В ВЫРЫТЫХ ТРАНШЕЯХ КАБЕЛИ ЗАКРЫВАЮТСЯ, ЗАТЕМ ЗАПОЛНЯЮТСЯ ЗЕМЛЕЙ.**
- **НА ЛОТКАХ ДЛЯ КАБЕЛЕЙ.**
- **В ПОДЗЕМНЫХ КАБЕЛЕПРОВОДАХ.**
- **В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЛИ ПЛАСТИКОВЫХ КОНТЕЙНЕРАХ ИЛИ КАБЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ.**

Выбор наиболее подходящего способа укладки кабеля зависит от самого кабеля и от его назначения. При выборе наиболее подходящего способа укладки кабелей необходимо консультироваться со специалистами, аттестованными для работы по Нормативному документу подключения проводов и кабелей IEE (только для Великобритании).



Пример неправильного (слева) и правильного (справа) подключения двигателя, стартера двигателя и выключателя. Правильный способ подключения кабеля зависит от правильных номинальных характеристик кабеля и снижения номинальных значений кабелей при сборке их в пучки и группировке, кроме влияния факторов окружающей среды, правильной заделки концов, разделения и применения уплотнения.

РАЗДЕЛЕНИЕ КАБЕЛЕЙ

Необходимо предусмотреть разделение кабелей, чтобы избежать их физического соприкосновения, индукционного и электрического влияния. Особенное внимание нужно уделить тому, чтобы кабели пожарной сигнализации, кабели телекоммуникаций и другие кабели управляющих сигналов проходили раздельно от кабелей высокого напряжения или кабелей, несущих нагрузку большого тока. Это необходимо для того, чтобы понизить степень интерференции, которая связывается с контрольными кабелями. Связь интерференции и помех может быть результатом следующего:

БЫСТРЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ СИЛЫ ТОКА В КАБЕЛЯХ ПОД НАГРУЗКОЙ, КОТОРЫЕ ВЫЗЫВАЮТ ПОЯВЛЕНИЕ СИЛЬНОГО НАВЕДЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ, КОТОРОЕ БУДЕТ ИНДУКТИВНО ВЫЗЫВАТЬ ПОЯВЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ПРОХОДЯЩИХ ПОБЛИЗОСТИ КАБЕЛЯХ.

Следствием связанных помех может быть следующее:

ДЕЙСТВИЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ, КОТОРЫЕ ПРОИСХОДЯТ В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ И ОЧЕНЬ ТРУДНО УСТРАНЯЮТСЯ, НАПРИМЕР, СРАБАТЫВАНИЕ ПРЕРЫВАТЕЛЯ ЦЕПИ И ОТКЛЮЧЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ В РЕЗЕРВНОМ РЕЖИМЕ.

Необходимо соблюдать особые меры предосторожности во время прокладки кабелей, если контрольные кабели и кабели под нагрузкой смешиваются. **Никогда:**

- **НЕ ПРОКЛАДЫВАЙТЕ КОНТРОЛЬНЫЙ КАБЕЛЬ И КАБЕЛЬ ПОД НАГРУЗКОЙ РЯДОМ ДРУГ С ДРУГОМ ПАРАЛЛЕЛЬНО НА БОЛЬШИЕ РАССТОЯНИЯ.**
- **ИСПОЛЬЗУЙТЕ ОДИН И ТОТ ЖЕ МНОГОЖИЛЬНЫЙ КАБЕЛЬ ДЛЯ ПОДАЧИ НАПРЯЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА (НА ГЕНЕРАТОР ИЛИ НА ПРИБОР) И НАПРЯЖЕНИЙ КОНТРОЛЬНОГО СИГНАЛА ИЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА.**

Нормативный документ ИЕЕ определяет три категории кабелей, которые никогда не следует группировать с токовыми сетями высокого напряжения.

КАТЕГОРИЯ 1. Цепи с низким напряжением (кроме цепей противопожарной сигнализации и аварийного освещения), питание на которые подается с основного источника.

КАТЕГОРИЯ 2. Цепи с чрезвычайно низким напряжением или цепи телекоммуникаций, питание на которые подается с аварийного источника (например, телефонные линии и кабель серийных данных для телеметрических систем).

КАТЕГОРИЯ 3. Цепи пожарной сигнализации и аварийного освещения.

ОБЪЕДИНЕНИЕ КАБЕЛЕЙ В ПУЧКИ ИЛИ ГРУППИРОВКА.

Допустимая нагрузка кабеля по току подразумевает, что кабель проходит на открытом воздухе, и это позволяет рассеяться тепловой энергии, полученной в результате проходящего по кабелю тока и сопротивления кабеля. Чтобы передать ток от генератора к нагрузке с небольшими затратами, очень часто предпочитают использовать многожильные кабели, а не одножильные кабели. Используемые таким образом многожильные кабели укладываются между генератором и нагрузкой вместе в виде жгута или группы кабелей. В результате группировки многожильных кабелей при подключении их от генератора до нагрузки эффективно понижается способность отдельных кабелей выделять тепло. Вследствие этого необходимо использовать снижение номинальных значений допустимых нагрузок кабелей по току, объединенных в пучок, чтобы определить равноценную безопасную допустимую нагрузку по току пучка кабелей. Эта нагрузка определяется изготовителем кабеля для пучков, в которых объединено до 12 кабелей (4 кабеля на одну фазу в трехфазной системе). Снижение номинальных значений при объединении кабелей в пучки необходимо использовать в дополнение к любому необходимому понижению номинальных значений вследствие температуры окружающего воздуха.

Объединение кабелей в пучки не всегда обязательно, при разделении кабелей на расстояние более двух диаметров кабеля отпадает необходимость применять снижение номинальных значений.

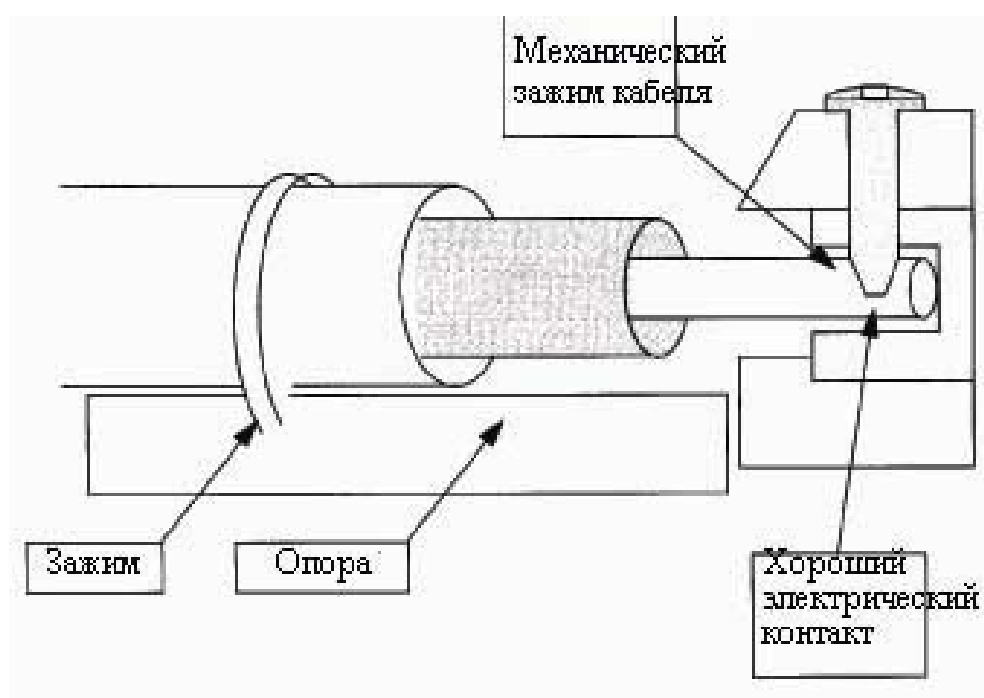
Кроме того, снижение номинальных значений кабеля при объединении в пучок не используется, если по кабелю должна проходить нагрузка, равная 30% или менее от номинального параметра (не в пучке).



КОНЦЕВАЯ ЗАДЕЛКА КАБЕЛЯ

Концевая заделка кабелей, несущих нагрузку, должна отвечать следующим требованиям:

- **ЭЛЕКТРИЧЕСКИ СОЕДИНЯТЬ ИЗОЛИРОВАННЫЕ ЖИЛЫ КАБЕЛЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.**
- **МЕХАНИЧЕСКИ ЗАЩИЩАТЬ И ПОДДЕРЖИВАТЬ КОНЕЦ КАБЕЛЯ И ЖИЛ КАБЕЛЯ.**
- **ЭФФЕКТИВНО УПРАВЛЯТЬ НАПРЯЖЕННОСТЬЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ И ПОЛУЧИТЬ ТАКУЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ ДИЭЛЕКТРИКА, КОТОРАЯ ТРЕБУЕТСЯ ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЯ.**
- **ЕСЛИ КАБЕЛЬ ЗАДЕЛЫВАЕТСЯ НА ПРЕРЫВАТЕЛЕ ГЕНЕРАТОРА, УСТАНОВЛЕННОМ НА ГЕНЕРАТОРЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА И ОТДЕЛЕННОМ ОТ ОСНОВАНИЯ АНТИВИБРАЦИОННЫМ КРЕПЛЕНИЕМ, В ТАКОМ СЛУЧАЕ ДЛЯ СОЕДИНЕНИЯ НЕПОСРЕДСТВЕННО С ПРЕРЫВАТЕЛЕМ НЕЛЬЗЯ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЖЕСТКИЙ БРОНИРОВАННЫЙ КАБЕЛЬ. В ТАКОЙ СИТУАЦИИ НЕОБХОДИМО ИСПОЛЬЗОВАТЬ КУСОК ГИБКОГО СОЕДИНИТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ ДЛЯ СОЕДИНЕНИЯ ЖЕСТКОГО БРОНИРОВАННОГО КАБЕЛЯ И ИСПЫТЫВАЮЩЕГО ВИБРАЦИЮ ПРЕРЫВАТЕЛЯ.**



Это пример заделки конца сигнального кабеля.

Для силовых кабелей широко применяются обжимные наконечники.

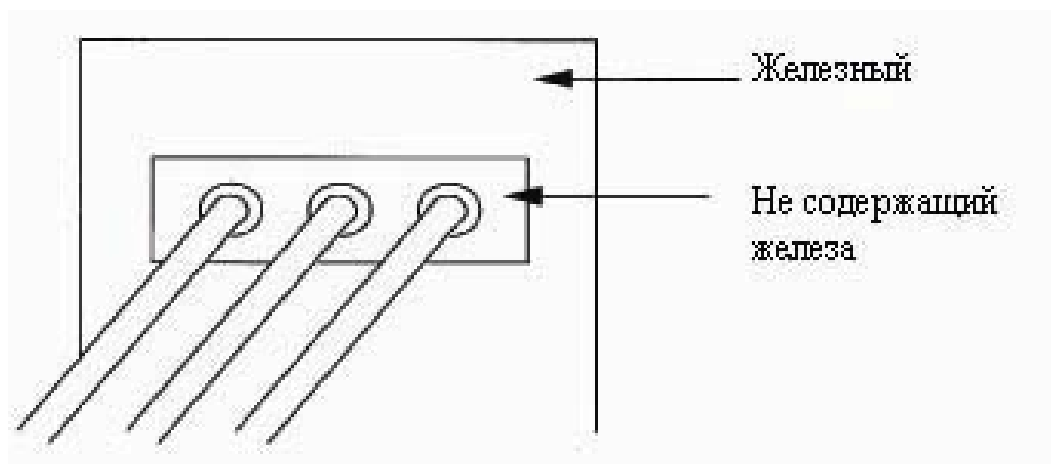
УПЛОТНЕНИЕ КАБЕЛЕЙ НА ВХОДЕ И ВЫХОДЕ.

Правила подсоединения кабелей требуют, чтобы одножильные кабели при входе в корпуса из металла с содержанием железа были так расположены, чтобы между ними не находился материал с содержанием железа.

Материалы, содержащие железо, которые находятся вокруг силовых кабелей, испытывают воздействие электромагнитного поля, появляющегося вокруг кабеля. В содержащем железо материале возникают вихревые токи, что может привести к нежелательному выделению тепла и возникновению тока в корпусе кабеля.

Идеальные материалы для уплотнения – это не магнитные медь, бронза, алюминий или древесина лиственных пород. Если приходится использовать сталь, она должна быть перфорирована для расширения и прерывания дорожки вихревого тока.

Полимерные кабели следует уплотнять с применением компрессионных уплотнений. Материал уплотнения должен быть совместим с броней кабеля. Неметаллические пластины уплотнения необходимо крепить с помощью заземляющих наконечников. Замыкание фазы на землю заставляет ток идти вдоль бронированного кабеля через концевое уплотнение в систему заземления. Таким образом, уплотнение должно выдержать ток замыкания фазы в системе.



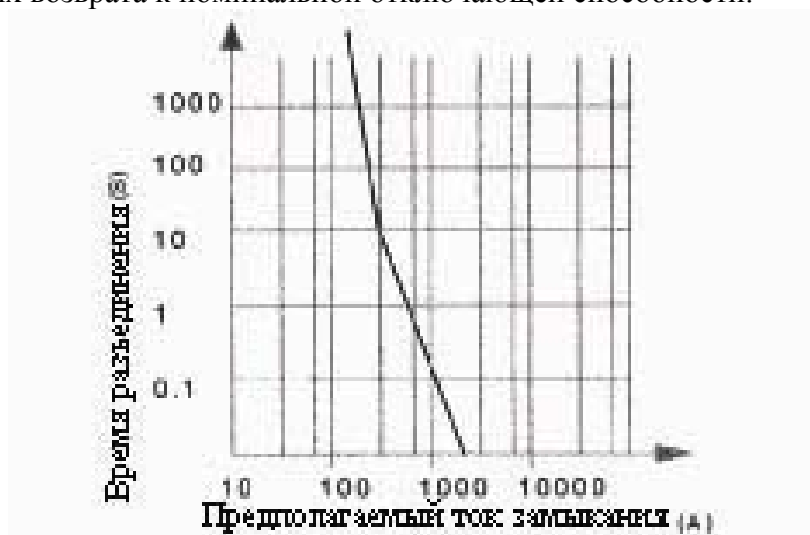
ПРОЦЕДУРА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРА КАБЕЛЯ, НЕСУЩЕГО НАГРУЗКУ.

- Рассчитайте максимальную потребность, при необходимости учитывая разновременность максимумов нагрузки
- Узнайте у электрической компании, поставляющей электропитание, можно ли получить электропитание, необходимое для максимальной потребности. Также узнайте следующую информацию:
 - Тип источника питания, его частоту, однофазный он или трехфазный 4-жильный, 50/60 герц.
 - Устройство системы заземления, т. е. тип системы, частью которой станут подсоединенные кабели.
 - Параметры и тип прерывателя (плавкого предохранителя), расположенного у начала подсоединения кабеля к исходной сети.
 - Однофазный предполагаемый ток короткого замыкания исходной сети.
 - Если источник питания трехфазный, тогда узнайте трехфазный предполагаемый ток короткого замыкания.
 - Максимальную величину сопротивления петли заземления Z_e в исходной сети.
- Определите расположение распределительных коробок, стараясь разместить распределительные щиты в местах наиболее тяжелых нагрузок.
- Определите тип защитных устройств, которые вы будете использовать во время подсоединения кабелей.
- Выясните, какие цепи защищены от токов перегрузки и токов короткого замыкания, а какие цепи имеют защиту только от тока короткого замыкания.
- Определите, какие понижающие характеристики должны быть применены к каждой цепи.
- Рассчитайте размер проводов под напряжением для каждой цепи.
- Рассчитайте величину падения напряжения для каждой цепи, проверяя, насколько эта величина допустима.
- Проверьте, защищены ли выбранные вами провода от тока короткого замыкания.
- Рассчитайте величину защитных проводов, которые вы будете использовать во время подсоединения кабелей.
- Убедитесь, что цепь защищена от непрямого прикосновения.
- Определите величину основных наращиваемых проводов с равными потенциалами и выясните, которые провода потребуют наращивания.

- Проверьте, нет ли особых ситуаций, если же такие должны появиться, определите величину дополнительных наращиваемых проводов.
- Проверьте, нет ли распределительных щитов, подающих питание на цепи, являющиеся смесью стационарного оборудования, розеток и/или переносного оборудования, которое будут переносить вручную во время работы, или ручного оборудования Класса 1. Решите, можно ли:
 - ограничить полное сопротивление СРС в соответствии с Таблицей 41С ИЕЕ, или провести от распределительного щита наращиваемые провода одного размера, имеющие одинаковый потенциал и идущие к тем же токопроводящим деталям, что и основные наращиваемые провода с одинаковым потенциалом.
- Определите положение выключателей, изоляторов и кнопок аварийного отключения.
- Это общий перечень мероприятий. Однако, существуют случаи, когда все перечисленные выше пункты не применяются, например, такие случаи, когда Нормативный документ ИЕЕ 473-02-04 позволяет оставить некоторые цепи без защиты от тока замыкания.

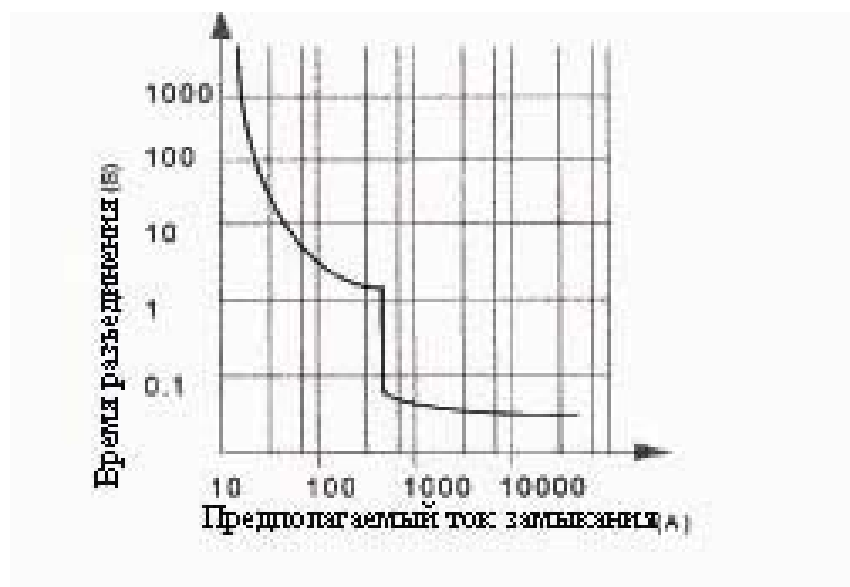
Защитные устройства для нагрузки и кабелей под нагрузкой. Плавкие предохранители HRC

Плавкие предохранители с высокой устойчивостью к разрушению (HRC) защищают при перегрузке и также могут быстро и надежно отключать цепи короткого замыкания до их возврата к номинальной отключающей способности.



Миниатюрные прерыватели цепи

Параметры миниатюрных прерывателей цепи схожи с параметрами плавких предохранителей HRC. Эти устройства устанавливаются вместе с термоманитными разъединителями, так же как миниатюрные прерыватели цепи на основной линии генератора.



РЕКОМЕНДАЦИИ НОРМАТИВНОГО ДОКУМЕНТА ПО ПОДСОЕДИНЕНИЮ ПРОВОДОВ IEE

Ниже мы приводим несколько полезных таблиц из Нормативного документа IEE по подсоединению кабелей, в которых даются подробные сведения о требованиях к защите, допустимым нагрузкам по току и падению напряжения стандартных кабелей.

Размеры элементов плавких предохранителей для простых или медных проводов с оловянным покрытием, которые используются в полужакрытых плавких предохранителях (Таблица IEE 53A) (Согласно BS 3036)/

Номинальная сила тока в плавком предохранителе (А)	Номинальный диаметр провода (мм)
3,0	0,15
5,0	0,20
10,0	0,35
15,0	0,50
20,0	0,60
25,0	0,75
30,0	0,85
45,0	1,25
60,0	1,53
80,0	1,80
100,0	2,00

Примечание: Следует проконсультироваться с изготовителями о правильном подборе размера провода для плавкого предохранителя, который будет использован в державках предохранителя. При использовании провода с большей площадью поперечного сечения, чем рекомендует изготовитель плавкого предохранителя, может сгореть державка плавкого предохранителя, нарушиться защита и возникнуть пожар.

IEE – таблицы снижения номинальных нагрузок для плавких предохранителей со сменной проволоочной вставкой.



5-20

СПРАВОЧНИК ПО ГЕНЕРАТОРНЫМ УСТАНОВКАМ

Дополнительные нагрузки по току и падения напряжения для многожильного кабеля с изоляцией из ПВХ, без брони (медные проводники)
(IEE Табл. 4D2A) (BS 6004, BS 6346, BS 7629)

Температура окружающего воздуха 30°C

Рабочая температура проводника 70°C

Дополнительная нагрузка по току (ампер):

Площадь поперечного сечения проводника	Эталонная методика 4 (закрыт в изолированной стене и т.д.)		Эталонная методика 3 (закрыт в лотке на стене или в потолке, или в желобе)		Эталонная методика 1 (Крепление непосредственно к поверхности)		Эталонная методика 11 (на лотке с перфорацией) или Эталонная методика 13 (на открытом воздухе)	
	Один двухжильный кабель* одна фаза, переменный или постоянный ток	Один трехжильный кабель* или один четырехжильный кабель, три фазы, переменный ток	Один двухжильный кабель* одна фаза, переменный или постоянный ток	Один трехжильный кабель* или один четырехжильный кабель, три фазы, переменный ток	Один двухжильный кабель* одна фаза, переменный или постоянный ток	Один трехжильный кабель* или один четырехжильный кабель, три фазы, переменный ток	Один двухжильный кабель* одна фаза, переменный или постоянный ток	Один трехжильный кабель* или один четырехжильный кабель, три фазы, переменный ток
1	2	3	4	5	6	7	8	9
мм ²	A	A	A	A	A	A	A	A
1	11	10	13	11,5	15	13,5	17	14,5
1,5	14	13	16,5	15	19,5	17,5	22	18,5
2,5	18,5	17,5	23	20	27	24	30	25
4	25	23	30	27	36	32	40	34
6	32	29	38	34	46	41	51	43
10	43	39	52	46	63	57	70	60
16	57	52	69	62	85	76	94	80
25	75	68	90	80	112	96	119	101
35	92	83	111	99	138	119	148	126
50	110	99	133	118	168	144	180	153
70	136	125	168	149	213	184	232	196
95	167	150	201	179	258	223	282	238
120	192	172	232	206	299	259	328	276
150	219	196	258	225	344	299	379	319
185	248	223	294	255	392	341	434	364
240	291	261	344	297	461	403	514	430
300	334	298	394	339	530	464	593	497
400	-	-	470	402	634	557	715	597



5-21

СПРАВОЧНИК ПО ГЕНЕРАТОРНЫМ УСТАНОВКАМ

(Продолжение) (IEE Табл. 4D2B0 Падение напряжения (мвольт/А/м)

Площадь поперечного сечения проводника	Кабель двухжильный. Постоянный ток	Кабель двухжильный. 1 фаза переменного тока			Кабель 3 или 4 жильный. 3 фазы переменного тока		
1	2	3			4		
мм ²	МВОЛЬТ		МВОЛЬТ			МВОЛЬТ	
1	44		44			38	
1,5	29		29			25	
2,5	18		18			15	
4	11		11			9,5	
6	7,3		7,3			6,4	
10	4,4		4,4			3,8	
16	2,8		2,8			2,4	
25	1,75	1,75	0,170	1,75	1,50	0,145	1,50
35	1,25	1,25	0,165	1,25	1,10	0,145	1,10
50	0,93	0,93	0,165	0,94	0,80	0,140	0,81
70	0,63	0,63	0,160	0,65	0,55	0,140	0,57
95	0,46	0,47	0,155	0,50	0,41	0,135	0,43
120	0,36	0,38	0,155	0,41	0,33	0,135	0,35
150	0,29	0,30	0,155	0,34	0,26	0,130	0,29
185	0,23	0,25	0,150	0,29	0,21	0,130	0,25
240	0,180	0,190	0,150	0,24	0,165	0,130	0,21
300	0,145	0,155	0,145	0,21	0,135	0,130	0,185
400	0,105	0,115	0,145	0,185	0,100	0,125	0,160

*С защитным проводом или без него.

Провода с круглым сечением размером до 16 мм² включительно. Более крупные величины рассчитаны на провода с сечением геометрической формы, но они могут быть безопасно применены для проводов с круглым сечением.

Примечание: Если проводник защищен полужакрытым плавким предохранителем по BS 3036? Смотрите пункт 6.2 Приложения 4 IEE.

Кабели по BS 7629 рассчитаны на рабочую температуру проводника 70°C, поэтому они тоже включены в эту таблицу, хотя для их изоляции используется не ПВХ, а другой материал.



5-22

СПРАВОЧНИК ПО ГЕНЕРАТОРНЫМ УСТАНОВКАМ

Дополнительные нагрузки по току и падения напряжения для многожильных бронированных кабелей с изоляцией из ПВХ(медные проводники)
(IEE Табл. 4DA)

Дополнительная нагрузка по току (ампер):

Температура окружающего воздуха 30°C

Рабочая температура проводника 70°C

Площадь поперечного сечения проводника	Эталонная методика 1 (крепление непосредственно на поверхность)		Эталонная методика 11 (на горизонтальном лотке с перфорацией) или эталонная методика 13 (на открытом воздухе)	
	1 двухжильный кабель. 1 фаза переменного или постоянного тока	1 трех или четырехжильный кабель. 3 фазы постоянного или переменного тока	1 двухжильный кабель. 1 фаза переменного или постоянного тока	1 трех или четырехжильный кабель. 3 фазы постоянного или переменного тока
1	2	3	4	5
мм ²	А	А	А	А
1,5	21	18	22	19
2,5	28	25	31	26
4	38	33	41	35
6	49	42	53	45
10	67	58	72	62
16	89	77	97	83
25	118	102	128	110
35	145	125	157	135
50	175	151	190	163
70	222	192	241	207
95	269	231	291	251
120	310	267	336	290
150	356	306	386	332
185	405	348	439	378
240	476	409	516	445
300	547	469	592	510
400	621	540	683	590



5-23

СПРАВОЧНИК ПО ГЕНЕРАТОРНЫМ УСТАНОВКАМ

(Продолжение) (IEE Табл. 4D4B Падение напряжения (мвольт/А/м)

Площадь поперечного сечения проводника	Кабель двухжильный. Постоянный ток	Кабель двухжильный. 1 фаза переменного тока			Кабель 3 или 4 жильный. 3 фазы переменного тока		
1	2		3			4	
мм ²	МВОЛЬТ		МВОЛЬТ			МВОЛЬТ	
1,5	29		29			25	
2,5	18		18			15	
4	11		11			9,5	
6	7,3		7,3			6,4	
10	4,4		4,4			3,8	
16	2,8		2,8			2,4	
		г	х	z	г	х	z
25	1,75	1,75	0,170	1,75	1,50	0,145	1,50
35	1,25	1,25	0,165	1,25	1,10	0,145	1,10
50	0,93	0,93	0,165	0,94	0,80	0,140	0,81
70	0,63	0,63	0,160	0,65	0,55	0,140	0,57
95	0,46	0,47	0,155	0,50	0,41	0,135	0,43
120	0,36	0,38	0,155	0,41	0,33	0,135	0,35
150	0,29	0,30	0,155	0,34	0,26	0,130	0,29
185	0,23	0,25	0,150	0,29	0,21	0,130	0,25
240	0,180	0,190	0,150	0,24	0,165	0,130	0,21
300	0,145	0,155	0,145	0,21	0,135	0,130	0,185
400	0,105	0,115	0,145	0,185	0,100	0,125	0,160

СПРАВОЧНИК ПО ГЕНЕРАТОРНЫМ УСТАНОВКАМ

Коэффициенты для длинных прямых кабелей или кабелей с изгибами в кабельных каналах		
Тип проводника	Площадь поперечного сечения проводника, мм ²	Коэффициент
Сплошной или скрученный	1	16
	1,5	22
	2,5	30
	4	43
	6	58
	10	105

В Таблице А найдите подходящий коэффициент для каждого кабеля, который вы предполагаете использовать. Сложите все полученные таким образом коэффициенты и сравните с коэффициентами для укладки кабелей в желоба, данными в Таблице В.

Успешное размещение кабелей можно будет выполнить в желобах такого размера, который будет иметь коэффициент, равный или превышающий сумму коэффициентов кабелей.

Таблица А			Таблица В	
Коэффициенты кабелей для укладки в желоба			Коэффициенты для укладки в желоба	
Тип проводника	Площадь попер. сечения проводника (мм ²)	Коэффициент	Размеры желоба (мм x мм)	Коэффициент
Сплошной	1,5	7,1	50 x 37,5	767
	2,5	10,2	50 x 50	1037
Скрученный	1,5	8,1	75 x 25	738
	2,5	11,4	75 x 37,5	1146
	4	15,2	75 x 50	1555
	6	22,9	75 x 75	2371
	10	36,3	100 x 25	993
			100 x 37,5	1542
			100 x 50	2091
			100 x 75	3189
			100 x 100	4252

Для всех размеров и типов кабелей, а также для всех размеров кабельных каналов, которые не упомянуты в данной таблице, количество подсоединенных кабелей должно быть таким, чтобы суммарный пространственный коэффициент не превышал 45%.

СПРАВОЧНИК ПО ГЕНЕРАТОРНЫМ УСТАНОВКАМ

Сопротивление кабеля при медных и алюминиевых сплошных проводниках Сопротивление (Ом на 1000 метров)		
Площадь попер. сечения (мм ²)	Неизолированные проводники при 20°C	
	Медь	Алюминий
0,5	36,00	
1,0	18,10	
1,5	12,10	18,10
2,5	7,41	12,10
4,0	4,61	7,41
6,0	3,08	4,61
10,0	1,83	3,08
16,0	1,15	1,91
25,0	0,727	1,20
35,0	0,524	0,868

Примечание: Для получения сопротивления проводника под напряжением в условиях короткого замыкания необходимо умножить данные выше значения на следующие коэффициенты:

- для изоляции ПВХ – 1,38
- для изоляции из каучука 85°C – 1,53
- для изоляции из минеральных материалов – 1,55

Для получения сопротивления проводника защиты в условиях короткого замыкания необходимо умножить данные выше значения на следующие коэффициенты:

- для изоляции ПВХ – 1,30
- для изоляции из каучука 85°C – 1,42

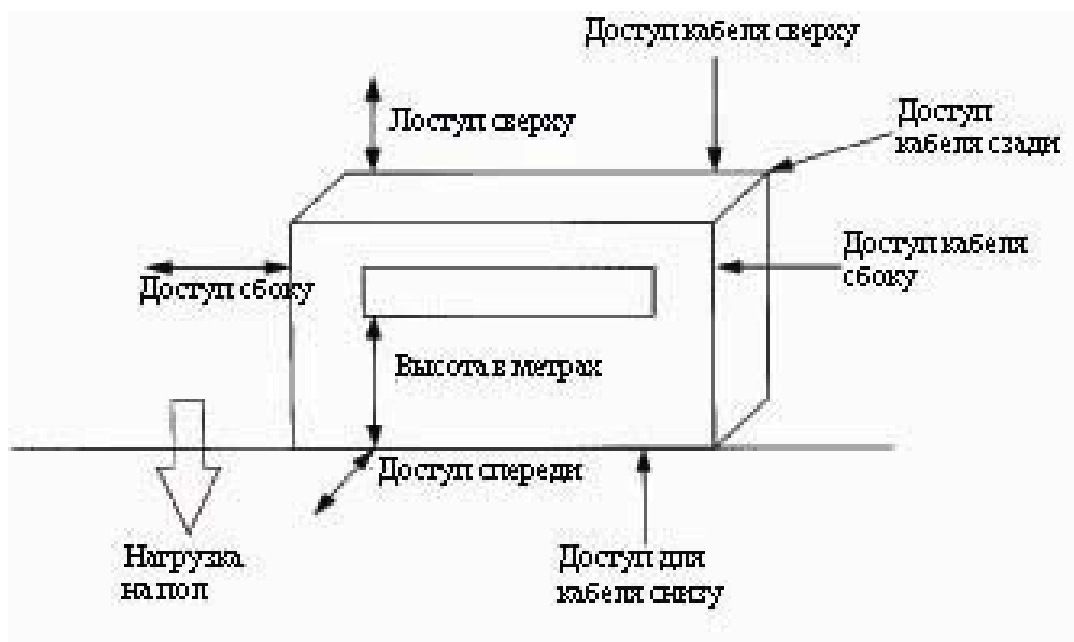
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ АВАРИЙНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ДЛЯ УСТАНОВКИ НА ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВКАХ.

В каждой стране разработаны свои собственные правила и стандарты, законы и нормативные документы, регулирующие проектирование систем предупреждения пожаров, пожарной сигнализации и тушения пожаров. Ценным источником информации при определении того, какие нормативные документы к каким видам установок относятся, могут быть страховые компании. Особенно при монтаже генераторных установок почти всегда необходимо руководствоваться местным противопожарным законодательством.

УПРАВЛЕНИЕ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

Установка управления и распределительного устройства должны:

- **ОБЕСПЕЧИТЬ НАЛИЧИЕ ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ПРОТЯЖКИ КАБЕЛЯ, ОСОБЕННО В ТЕХ МЕСТАХ, ГДЕ НЕОБХОДИМО ИСПОЛЬЗОВАТЬ КАБЕЛИ ДЛЯ БОЛЬШИХ ТОКОВ С БОЛЬШИМ РАДИУСОМ ИЗГИБА.**
- **ПЕРЕД ПУЛЬТАМИ УПРАВЛЕНИЯ ДОЛЖНО БЫТЬ ПРОСТРАНСТВО НЕ МЕНЕЕ 1,5 М, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ДОСТУП К НИМ И ВОЗМОЖНОСТЬ РАБОТАТЬ НА НИХ.**
- **ПУЛЬТЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТАНАВЛИВАЙТЕ НА УРОВНЕ ЗЕМЛИ, ОСОБЕННО В ТЕХ СЛУЧАЯХ, КОГДА ИСПОЛЬЗУЮТСЯ МНОЖЕСТВЕННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ШИНЕ. ЭТО ПОМОЖЕТ ИЗБЕЖАТЬ НЕНУЖНОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ШИНЕ.**
- **СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ, В КОТОРЫХ НАХОДЯТСЯ ПУЛЬТЫ УПРАВЛЕНИЯ, ДОЛЖНА ОБЕСПЕЧИВАТЬ 5-КРАТНУЮ ЗАМЕНУ ВОЗДУХА В ТЕЧЕНИЕ ЧАСА.**
- **НЕОБХОДИМО ИЗУЧИТЬ НАГРУЗКУ ПОЛА, ЧТОБЫ БЫТЬ УВЕРЕННЫМ В ТОМ, ЧТО СПРОЕКТИРОВАННЫЕ ОПОРЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЫДЕРЖАТ ВЕС СИСТЕМЫ.**
- **ПРОВЕРЬТЕ ЗАТЯЖКУ ИЛИ ЗАТЯНИТЕ ЕЩЕ РАЗ ВСЕ МЕСТА СОЕДИНЕНИЯ ШИНЫ ПОСЛЕ ЕЕ МОНТАЖА С ТРЕБУЕМЫМ УСИЛИЕМ ЗАТЯЖКИ.**



ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Эффективной считается такая система заземления, которая обеспечивает немедленный разряд электрической энергии в любое время без опасности для жизни или здоровья персонала, работающего на установке.

Хорошее замыкание на землю должно иметь:

- **НИЗКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПУТИ МОЛНИИ ИЛИ ТОКАМ ЗАМЫКАНИЯ, ХОРОШУЮ КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ.**
- **СПОСОБНОСТЬ НЕОДНОКРАТНО НЕСТИ БОЛЬШОЙ ТОК.**
- **СПОСОБНОСТЬ ВЫПОЛНЯТЬ ПЕРЕЧИСЛЕННЫЕ ВЫШЕ ФУНКЦИИ В ТЕЧЕНИЕ ВСЕГО СРОКА СЛУЖБЫ УСТАНОВКИ БЕЗ РАЗРУШЕНИЯ.**

Проводник заземления системы генераторной установки и все вспомогательные провода заземления должны иметь размер, соответствующий действующим в этой местности правилам безопасности. Нормативные документы ИЕЕ следует использовать в том случае, если нормативные документы по этому вопросу в данной стране отсутствуют.

СИСТЕМНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ.

Этот термин используется для описания того способа, при помощи которого система генераторной установки подсоединяется к земле.

Установки или работают с нейтралью, подключенной к земле, или в случае использования на морских судах работают с незаземленной нейтралью.

Дизельные электрические генераторы, предназначенные для эксплуатации на земле, должны быть специально заземлены через сплошную проводящую клеммную перемычку или через сопротивление, если это установки с высоким напряжением.

ЗАЗЕМЛЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ.

Этот термин используется для описания подсоединения корпусов электрического оборудования к земле в целях безопасности. В таком случае корпус какого-либо оборудования действует как заземляющий проводник. Заземляющие проводники во время монтажа соединяют вместе следующие названные детали:

- открытые проводящие части, которые не находятся под напряжением, но могут оказаться под напряжением в случае короткого замыкания;
- проводники, которые не являются частью электрической системы, но могут нести потенциал вследствие магнитной и емкостной связи;
- главный зажим заземления;
- электроды заземления;
- каждый пункт в источнике питания.

ШИНЫ МЕТАЛЛИЗАЦИИ гарантируют, что между заземленными металлоконструкциями установки и другими токопроводящими частями каких-либо установок, например, газопроводами и водопроводами, не возникнет опасная разность потенциалов. Шины подобного типа гарантируют, что защитные устройства цепи сработают в тот же момент, когда произойдет контакт между проводником под напряжением и другими металлическими деталями. Это уменьшает опасность получения электротравмы.

МОЛНИЕЗАЩИТА

Цель использования молниезащиты – уменьшить разрушающее воздействие удара молнии в установку путем разряда молнии прямо в землю. Молниезащита подробно описывается в стандарте BS 6651. Существуют 4 базовых компонента системы молниезащиты.

ВОЗДУШНАЯ ЗАДЕЛКА СЕТИ

Она предназначена для приема удара молнии. В настоящее время рекомендуется устанавливать горизонтально над крышей установки проводники, расстояние от крыши на должно быть более 5 м ни в одной точке проводника.

ГРОМООТВОДЫ

Они проводят разряд молнии от воздушной сети к точке заземления. Проводник должен быть наиболее коротким расстоянием между этими двумя точками. Громоотводы должны быть расположены симметрично вокруг всего здания. Следует избегать образования петель. Каждый громоотвод должен иметь свою собственную точку заземления.

ШИНА ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ БОКОВОГО РАЗРЯДА

Боковой разряд на громоотводе происходит в тех случаях, когда разряд молнии находит альтернативный путь на землю с низким сопротивлением, через другую металлическую конструкцию рядом с громоотводом. В тех случаях, когда невозможна изоляция при помощи расстояния, следует установить шину между металлической деталью и системой.

СЕТИ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО КОНЦА

Эффективность заземления конца громоотвода на землю в большой степени зависит от того, насколько велико сопротивление почвы в этой точке. На сопротивление почвы оказывают влияние следующие факторы:

МЕХАНИЧЕСКИЙ СОСТАВ.

Содержание угля и коксовой крошки увеличивает проводимость.

СОДЕРЖАНИЕ ВЛАГИ.

Обычно содержание влаги между 5 и 40%. Повышенное содержание влаги увеличивает проводимость почвы (плохой проводимостью обладают песчаные почвы).

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ.

Существуют присадки, которые могут быть добавлены в почву для увеличения ее электролитических свойств и повышения проводимости.

ТЕМПЕРАТУРА И ГЛУБИНА.

Теплая почва лучше проводит ток, сопротивление почвы уменьшается с углублением в почву. Традиционно длина заземляющего стержневого электрода равна приблизительно 2,4 м. На этой глубине сопротивление почвы падает.

ИСТОЧНИКИ ПОМЕХ ДИЗЕЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА

Можно выделить следующие категории помех, издаваемых дизельным генератором:

ВОЗДУШНЫЕ

Сюда относятся:

ШУМ ОТ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ.

Его испускают пульсирующие выхлопные газы.

МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОМЕХИ.

Их испускают двигатель, генератор переменного тока и поверхности корпуса.

ШУМ ОТ РАДИАТОРА.

От движения охлаждающего воздуха через вентилятор радиатора.

КОНСТРУКЦИОННЫЕ ШУМЫ.

Их причиной служит передача вибрации через опорные конструкции от двигателя и затем в воздух.

ПОГЛОЩЕНИЕ ШУМА

В Европе существует законодательство, контролирующее уровень шумовых помех. Это законодательство дает полномочия местным властям на установление предельно допустимых значений шумовых помех, как часть общей деятельности по охране окружающей среды. Средние допустимые уровни шумовых помех устанавливаются с учетом степени безопасности для общественности и мнения местных властей. Как правило, эти значения связаны с уровнем шума в окружающей среде в данной области, они неизбежно изменяются в зависимости от дневного или ночного времени суток. Само собой разумеется, что допустимый уровень шума в обществе в ночное время значительно ниже этих же значений в дневное время.

С точки зрения охраны здоровья и техники безопасности, Европейское законодательство считает, что нагрузка в 90 децибел в течение 8 часов в день представляет опасность для слуха.

Затраты на выполнение подобных требований будут зависеть от того, где предполагается разместить генераторную установку, и от того, когда она будет работать – днем, ночью или в любое время суток. Уровень шума (в окружающей среде) в данном конкретном месте сыграет большую роль при определении того, какая степень поглощения шума будет необходима при монтаже генераторной установки.

Во всем мире нормативные документы об уровне шума меняются от страны к стране, но в качестве общего ориентира, местные власти стараются ограничить уровень шума, издаваемого оборудованием, до величин не выше 10 децибел.

Состояние шума окружающей среды в различных частях страны изменяется очень значительно:

ПОГЛОЩЕНИЕ ШУМА, ИЗДАВАЕМОГО ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКОЙ.

Чтобы понизить уровень шума до величин, определенных нормативными документами, следует следующим образом обращаться с источниками шума генератора:

ВОЗДУШНЫЕ ШУМЫ

ШУМЫ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ

Они уменьшаются путем установки глушителя или шумопоглотителя.

ШУМЫ ОТ РАБОТЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ И РАДИАТОРА

Их можно уменьшить, установив звуконепроницаемый корпус вокруг генераторной установки и проведя акустическую подготовку основания. В других случаях, когда выполнить эти мероприятия нет возможности, помещение, в котором находятся генераторные установки, облицовывают звукопоглощающим материалом, и гасителями шума на входе и выходе воздуха.

КОНСТРУКЦИОННЫЕ ШУМЫ

Эти шумы можно уменьшить, установив антивибрационные крепления между двигателем и рамой, которые уменьшат силу вибрации, передаваемой на корпус установки или на ее конструкции.

УРОВЕНЬ МОЩНОСТИ ЗВУКА (УМЗ)

Уровень мощности звука определяет суммарную акустическую мощность, испускаемую источником, он зависит от места нахождения источника.

$$\text{УМЗ} = 10 \text{ Log } \frac{\text{Мощность, выделяемая источником звука}}{10^{-12} \text{ ватт (эталонная мощность)}}$$

УРОВЕНЬ ДАВЛЕНИЯ ЗВУКОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ (УДЗИ)

Уровень давления звукового излучения зависит от расстояния от источника звука и от условий окружающей среды, т.е. от потерь при передаче звука, эффектах внутри помещения и т.д. Эта величина всегда определяется в данной точке.

$$\text{УДЗИ} = 20 \text{ Log } \frac{\text{Полученная величина давления}}{0,0002 \text{ мбар (эталонное давление)}}$$

Если генератор излучает 100 дБА на расстоянии 1 м, уровень давления звука на расстоянии 2 м будет равен приблизительно 94 дБА.

**В КАЧЕСТВЕ ОБЩЕГО ПРАВИЛА,
УРОВЕНЬ ДАВЛЕНИЯ ЗВУКОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ УМЕНЬШАЕТСЯ НА 6 ДБА
ПРИ УДВОЕНИИ РАССТОЯНИЯ ОТ ИСТОЧНИКА ЗВУКА.**

ЗВУКОВАЯ НАГРУЗКА

Уровни давления звукового излучения, измеренные на данном расстоянии от источника звука при помощи прибора для измерения уровня звука, регистрируются в линейных единицах. Человеческое ухо имеет различную степень чувствительности к этим величинам, в зависимости от диапазона частот, из которых состоит звуковой сигнал. Иными словами, человеческое ухо не воспринимает все частоты равной мощности как имеющие одинаковую громкость. Поэтому для оценки полученных показаний уровня давления звукового излучения применяется международная **ШКАЛА ЗВУКОВОЙ НАГРУЗКИ**. Уровни этой шкалы обозначаются как **A, B, C и D**. Уровень **ЗВУКОВОЙ НАГРУЗКИ A** – обычный уровень промышленного постоянно испускаемого шума, например, такая звуковая нагрузка, которую испускает дизельная генераторная установка. Приборы измерения промышленной звуковой нагрузки снабжены звуковыми фильтрами уровня A, чтобы непосредственно получить величину уровня звуковой нагрузки от источника.

Уровни нагрузки A при давлении звукового излучения обозначаются как **ДБА**.

При уровне нагрузки A корректировочные коэффициенты следующие:

Центральная частота октавной полосы	63	125	250	500	1к	2к	4к	8к
Корректировка уровня нагрузки A	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1

Обратите внимание на то, что коэффициенты уровня нагрузки больше за пределами слышимости человека 2к – 20кгерц.

Как правило, уровень звукового давления двигателя без глушителя на расстоянии 1 м равен приблизительно 100 дБА.

5-32

ШКАЛА ДЕЦИБЕЛ

Шкала децибел – это логарифмическая, а не просто арифметическая шкала, вследствие этого, невозможно просто сложить вместе два значения в децибелах, как при арифметическом действии.

Например, рассмотрим удвоение уровня давления звукового излучения

$$\text{УДЗИ} = 20 \log \frac{P_1}{P_r}$$

Где P – это первоначальное значение уровня давления, а P_r – эталонное давление. Итак, в результате удвоения P_1 получаем $2P_1$.

$$\text{УДЗИ} = 20 \log \frac{2P_1}{P_r}$$

Это можно выразить так:

$$\text{УДЗИ} = 20 \log \frac{2P_1}{P_r} + 20 \log 2$$

Получаем

$$\text{УДЗИ} = \text{первоначальная мощность} + 6 \text{ дБ}$$

Рассмотрим удвоение уровня звуковой мощности

Где P – первоначальное значение уровня мощности, P_r – эталонная мощность.

В результате удвоения P_1 получаем $1P_1$

$$\text{УЗМ} = 10 \log \frac{2P_1}{P_r}$$

Это можно выразить следующим образом:

$$\text{УЗМ} = 10 \log \frac{2P_1}{P_r} + 10 \log 2$$

Итак,

$$\text{УЗМ} = \text{первоначальная мощность} + 3 \text{ дБ}$$

Изменение в звуке	Изменение в количестве децибел
Удвоение уровня мощности звука	Прибавить 3 децибела
Удвоение уровня давления звукового излучения	Прибавить 6 децибел
Удвоение громкости	Прибавить 10 децибел



5-33

Полезное преобразование от уровня давления звукового излучения к уровню мощности звука:

Уровень мощности (дБ)	Коэффициент	Давление звукового излучения (дБ)
0	1	0
1	1,25	2
2	1,6	4
3	2	6
4	2,5	8
5	3	10
6	4	12
7	5	14
8	6	16
9	8	18
10	10	20
20	100	40

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАН

Стандарт 84/536/ ЕЕС действует с 1989 года. Директивный документ о согласовании законов стран – членов Европейского сообщества относительно допустимого уровня мощности звука генераторов.

Стандарт 84/535/ ЕЕС действует с 1989 года. Директивный документ о согласовании законов стран – членов Европейского сообщества относительно допустимого уровня мощности звука сварочных генераторов.

Генератор	Уровень мощности звука, дБ/1 пВатт
0,2 кВольта	102
2 – 8 кВольта	100
8 – 240 кВольта	100
Свыше 240 кВольта	100

Стандарт 9X/XXX ЕЕС.

Проект нормативного документа относительно звука, испускаемого оборудованием, используемым на открытом воздухе. Это двухчастный нормативный документ: одна часть содержит новую классификацию уровней, которая начнет действовать с момента принятия документа, а вторая часть – классификацию уровней, которая начнет действовать через 4 года после принятия документа.

Генератор	Уровень мощности звука, дБ/1 пватт	Уровень мощности звука, дБ/1 пватт
	Часть 1	Часть 2
0,2 кВольта	95	92
2 – 10 кВольта	99	97
10 – 240 кВольта	97	97
Свыше 240 кВольта	99	99

ПОНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ШУМА ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ

Как правило, используются три категории глушителей:

ПРОМЫШЛЕННЫЙ (ИЛИ НЕКРИТИЧЕСКИЙ)

Понижение шума на 12 – 18 дБа

БЫТОВОЙ

Понижение шума на 18 – 25 дБа.

КРИТИЧЕСКИЙ

Понижение шума на 25 – 35 дБа.

РАЗДЕЛ 6. СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ И СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Словарь терминов

Британские и международные стандарты

Национальная Ассоциация Пожарной Безопасности США (NFPA)

Полезные формулы и преобразования

Переменный ток

Тепловая энергия

Мощность

Давление

Удельное потребление топлива

Объем

Вес жидкостей

Множители единиц системы СИ

Ток максимально допустимой нагрузки трехфазной установки

Ток максимально допустимой нагрузки однофазной установки

Европейские и международные органы стандартизации

Национальные органы стандартизации

Агентства лицензирования морских судов

Типические габариты цилиндрических топливных резервуаров

Источники электроэнергии в различных странах мира

Условные обозначения в электрических схемах и электронных схемах

Условные обозначения в электрических схемах и электронных схемах

Параметры защиты для корпусов

Словарь терминов

АС – (Переменный ток). Переменный ток – это электрический ток, который изменяется от положительного максимального значения до отрицательного максимального значения с характерной частотой, обычно 50 или 60 циклов в секунду (герц).

Генератор АС – Генератор АС – термин, который предпочитают использовать для обозначения генератора, производящего переменный ток (АС). Смотрите Генератор переменного тока и Генератор.

Акустический материал – это любой материал, рассматриваемый с точки зрения его акустических свойств, особенно свойств поглощения звука или звукоизоляции.

Активная мощность – это реальная мощность (в киловаттах), которую генераторная установка подает на электрическую нагрузку. Активная мощность вызывает появление нагрузки на двигателе установки, она ограничена мощностью двигателя в лошадиных силах и КПД генератора. Активная мощность выполняет такую работу, как нагрев, освещение, вращение вала двигателя и т.д.

Выключатель с воздушным дутьем – автоматически прерывает ток, проходящий через него, если величина этого тока превышает пороговое значение выключателя. Воздух является изолирующей электричество средой между находящимися под напряжением деталями и заземленными металлическими деталями. Смотрите также Выключатель электропитания.

Генератор переменного тока – генератор, производящий переменный ток.

Температура окружающей среды – Температуры той, среды в которой эксплуатируется генератор. Если нет других данных, считается, что максимальное значение температуры окружающей среды равно 40°C.

Амперметр – Прибор, используемый для измерения величины проходящего электрического тока.

Успокоитель – короткозамкнутая обмотка в роторе синхронного генератора, состоящая из проводников, утопленных в поверхностях полюсов, соединенных вместе через оба короткозамыкающих кольца. Назначение успокоителя – гасить колебания или неравномерность изменений нагрузки.

Сигнализатор – это вспомогательное приспособление, используемое для получения дистанционного изображения состояния действующего узла системы. Сигнализаторы, как правило, используются в тех случаях, когда контролируемое оборудование расположено не в той части здания, в которой обычно бывают люди. Национальная Ассоциация Пожарной Безопасности США разработала особые требования для дистанционных сигнализаторов, используемых в некоторых случаях, например, в больницах.

Допустимая токовая нагрузка в амперах – это безопасная допустимая токовая нагрузка электрического проводника в амперах согласно требованиям Правил.

Ампер – это единица измерения величины проходящего электрического тока. Ток величиной в 1 ампер проходит через проводник, если к нему прилагается разность потенциалов 1 вольт при величине сопротивления 1 ом.

Ампер-витки – это единица измерения магнитной движущей силы. Результат умножения величины проходящего тока на число витков в катушке.

Кажущаяся мощность – это результат умножения силы тока на напряжение, выраженный в киловольт-амперах (kVA). Это активная мощность (киловатт), деленная на коэффициент мощности (PF).

Ротор (Якорь). Ротор (якорь) генератора переменного тока – это сборка из обмоток и металлических пластин сердечника, в которых возбуждается выходное напряжение. В генераторе вращающегося поля это стационарная часть (статор).

Обмотка ротора. Обмотки статора, погруженные в сердечник, в котором возбуждается напряжение.

Сердечник ротора (якоря). Магнитные стальные пластины ротора (якоря).

Автотрансформатор. Трансформатор, состоящий из одной обмотки, в которой и первичное и вторичное соединение сделаны к одной и той же обмотке, но к различным ее ответвлениям.

Резервная защита. Резервная защита состоит из защитных приспособлений, которые должны работать только после того, как остальные защитные приборы не могут работать или определить неисправность.

Базисная нагрузка. Базисная нагрузка – это такая часть существующей потребности нагрузки, которая остается неизменной. Это «базис» для построения кривой существующей потребности.

«Черный» старт. «Черным» стартом называется запуск энергосистемы с помощью ее собственных источников мощности, без помощи со стороны внешних источников мощности.

6-4

Шина. Шиной называются токопроводящие медные пластины, которые соединяют генераторы переменного тока и нагрузки в системе параллельного включения, к параллельному выходу генераторов переменного тока в систему или к фидеру в системе распределения электроэнергии.

Емкостное сопротивление. Свойство конденсатора, которое заставляет ток опережать по фазе напряжение, создавая таким образом коэффициент опережения мощности (смотрите коэффициент мощности).

Конденсатор. Прибор, который может накапливать электрическую энергию, и состоит из двух токопроводящих поверхностей, разделенных изолирующим материалом. Этот материал блокирует прохождение постоянного тока, но пропускает переменный ток.

Цепь. Цепь – это путь, по которому электрический ток движется между различными потенциалами (напряжением).

Выключатель цепи. Это защитное устройство, которое автоматически прерывает прохождение тока через себя, если величина силы тока превышает определенное значение в течение определенного периода времени. Смотрите Выключатель с воздушным дутьем, Главный выключатель, Выключатель в литом корпусе и Выключатель электропитания.

Конденсатор. Смотрите выше Конденсатор.

Проводник. Кабель или провод, проводящий ток.

Разъем (коннектор). Приспособление для электрического соединения двух или более проводников, которое применяется в основном в цепях с большой силой тока.

Замыкатель (контактор). Это приспособление для размыкания и замыкания электрической цепи.

Непрерывная нагрузка. Непрерывная нагрузка – это такая нагрузка, когда максимальная сила тока может продолжаться в течение 3 часов и более (согласно определению NEC для проектных расчетов).

Управляемый выпрямитель. Смотрите SCR.

Потеря в меди. Такая часть потерь, происходящих во время производства тока, причиной которой является прохождение тока через катушки и проводники внутри генератора. Эта величина прямо пропорциональна сопротивлению и силе тока в квадрате.

Сердечник. Пластины в генераторе, составляющие его магнитную структуру.

6-5

Выравнивание уравнительного тока. Выравнивание уравнительного тока – это способ управления реактивной мощностью, производимой генераторами переменного тока в системах параллельного включения, при котором общая реактивная нагрузка на шину делится между ними равномерно без значительного снижения напряжения.

СТ. (Трансформатор тока). Трансформаторы тока – это приборные трансформаторы, применяемые совместно с амперметрами, цепями управления и релейной защитой. Обычно они имеют вторичные цепи 5 ампер.

Ток. Ток – это движение электрического заряда. Единица измерения тока – ампер.

Токоограничивающий плавкий предохранитель. Токоограничивающий плавкий предохранитель – это быстродействующее устройство, которое при прерывании тока в токоограничивающем диапазоне значительно уменьшает амплитуду тока, обычно в пределах одной половины цикла.

Цикл. Цикл – это одно полное изменение направления переменного тока или напряжения – от нуля до положительного максимального значения, затем снова до нуля и затем от нуля до отрицательного максимального значения и опять до нуля. Количество таких циклов в секунду называется частотой.

Успокоительная обмотка. Смотрите Успокоитель.

Шкала децибел (dB (A)). Шкала децибел (dB), используемая при измерении уровня звука, является логарифмической. Приборы измерения уровня звука часто имеют несколько шкал для измерения количества децибел (A, B, C). Шкала A, dB(A), - наиболее часто применяемая шкала для измерения громкости звука, испускаемого генераторными установками.

Соединение «Дельта» (треугольник). Соединением Дельта называется трехфазное соединение, в котором начало каждой фазы соединяется с концом предыдущей фазы, образуя греческую букву Δ («Дельта»). Линии нагрузки соединяются с углами «дельты».

Коэффициент потребности. Коэффициент потребности – это отношение реальной нагрузки к потенциальной суммарной нагрузке подключения.

Коэффициент отклонения. Это максимальное мгновенное отклонение напряжения генератора, выраженное в процентах, от подлинной синусоидальной кривой, имеющей такое же среднеквадратическое значение и частоту.

Электрическая прочность диэлектрика. Электрическая прочность диэлектрика – это способность изоляции выдерживать напряжение без разрушения.

6-6

Постоянный ток (DC). Постоянный ток – это ток, не изменяющий направление тока вследствие изменения полярности.

Дифференциальное реле. Дифференциальное реле – это защитное устройство, ток на которое подается трансформаторами тока, расположенными в двух различных последовательно соединенных точках электрической цепи. Дифференциальное реле сравнивает значения тока и реагирует, если между двумя показаниями появляется разница, означающая неисправность в зоне защиты. Эти приспособления обычно применяются для защиты обмоток в генераторах и трансформаторах.

Диод. Сплошной прибор с двумя выводами, который пропускает ток только в одном направлении, и не пропускает в противоположном направлении. Так как диод пропускает только положительную половину цикла переменного тока, вывод диода всегда однонаправленный, и вследствие этого диод можно рассматривать как выпрямляющий элемент.

Прямой ток. Это электрический ток, который проходит только в одном направлении.

Распределительный щит. Производимая генератором мощность подается на распределительный щит, где происходит ее разделение между подключенными различными нагрузками. Обычно на нем имеются выключатели электропитания и защитные устройства.

Двухполюсный переключатель. Переключатель, который одновременно размыкает или замыкает две электрических цепи.

Двухпозиционный переключатель. Переключатель, который имеет размыкающий и замыкающий контакт с общим выводом.

Переключатель DPDT. Двухполюсный двухпозиционный переключатель.

Переключатель DPST. Двухполюсный однопозиционный переключатель.

Уход напряжения. Постепенное изменение производимого напряжения, иногда вызванное повышением температуры вследствие потерь генератора или стабилизатора.

Падение напряжения. Причиной падения напряжения является ток, проходящий через сопротивление. Его величина равна силе тока в амперах, умноженной на величину сопротивления. Его величина равна силе тока в амперах, умноженной на сопротивление в Омах.

Е – условное обозначение, используемое для обозначения напряжения.

Земля. Электрическое заземление.

6-7

Вихревые токи. Токи, циркулирующие в токопроводящих материалах, вызванные магнитными полями. Они являются потерями генератора, их величину уменьшают, используя тонкие пластины из специальной стали.

Эффективное значение. Среднеквадратическое значение величин переменного тока, например напряжения и силы тока. Эти величины измеряются при помощи обычных приборов.

Коэффициент полезного действия (КПД). КПД – это соотношение произведенной энергии к потребленной энергии, например, соотношение между потребляемой электрической энергией двигателя и механической энергией, которую производит вал этого двигателя.

Электрический угол. Один цикл, или расстояние между двумя полюсами одинаковой полярности, содержит в себе 360 электрических градусов. Отсюда – электрический угол представляет собой какую-либо точку на кривой переменного тока.

Электрический градус. Одна 360-ая часть цикла кривой переменного тока.

Электрический радиан. Часть цикла переменного тока или напряжения переменного тока, цикл состоит из 2 радиан.

Электромагнитное поле. Магнитное поле, расположенное под прямым углом к силовым линиям и к направлению их движения.

Электродвижущая сила. Сила, которая заставляет ток двигаться по проводнику; другими словами, напряжение или разность потенциалов.

Система аварийного энергоснабжения. Система аварийного энергоснабжения – это независимое оборудование для производства электроэнергии, которое считается официально необходимым для подачи питания на оборудование или на системы, выход которых из строя может представлять угрозу для жизни персонала или быть опасным для собственности.

ЕМФ. Смотрите электродвижущая сила.

ЕМИ. Электромагнитная (радио) интерференция.

Короткозамыкающие кольца. Та часть обмотки успокоителя, которая электрически соединяет шины успокоителя смежных полюсов.

6-8

Энергия. Энергия проявляется в таких своих формах, как электричество, тепло, свет и способность выполнять работу. Она может быть преобразована из одной формы в другую, например, в генераторной установке механическая энергия вращения преобразуется в электрическую энергию. Обычные единицы измерения энергии: киловатт-часы (kWh), Британская тепловая единица (Btu), лошадиная сила /час (hp-h), фут-фунт, джоуль и калория.

Возбуждение. Подача постоянного тока на обмотки возбуждения синхронного генератора, в результате чего возникает поток магнитной индукции, необходимый для возбуждения напряжения в обмотках сердечника.

Возбудитель. Возбудитель – это прибор, который подает постоянный ток (DC) на обмотки возбуждения синхронного генератора, вызывая появление потока магнитной индукции, необходимого для возбуждения выходного напряжения в обмотках сердечника (статора). Смотрите Поле.

Ток возбудителя. Ток возбуждения, необходимый для создания номинального напряжения при номинальной нагрузке и частоте.

Напряжение возбудителя. Напряжение, необходимое для того, чтобы заставить ток возбудителя проходить через обмотку возбуждения.

Короткое замыкание. Это любое непреднамеренное прохождение тока за пределами созданного для него пути по схеме в электрической системе.

Обратная связь. Передача части энергии от одной точки в электрической системе к предыдущей точке, например, от вывода к вводу, которая используется для увеличения стабильности.

Возбуждение. Возбуждение генератора (ротора) состоит из многополюсного электромагнита, который возбуждает выходное напряжение в обмотках ротора (статора) генератора, когда его начинает вращать двигатель. Питание на возбуждение подается при помощи постоянного тока, вырабатываемого возбудителем.

Обмотка возбуждения. Обмотки структуры возбуждения, на которые подается постоянный ток для возбуждения.

Полюс возбуждения. Часть вращающейся магнитной конструкции генератора, на которой расположены обмотки возбуждения.

6-9

Цепь зажигания. Цепь, которая управляет той точкой внутри цикла, в которой напряжение подается на управляющий электрод триодного тиристора (SCR)? Позволяя таким образом току проходить через триодный тиристор. Триодный тиристор – это сплошной прибор, который может пропускать ток только в одном направлении, также как и диод. Однако, у него имеется третий вывод, который называется управляющий электрод, и ток проходит через него только тогда, когда на управляющий электрод подается соответствующая разность потенциалов (напряжение).

Генератор кадровой развертки. Механический элемент, состоящий из сердечника статора и обмоток.

Свободное поле (Измерение помех). При измерении помех свободным полем называется поле в однородной, изотропной среде (среда, которая имеет способность передавать звук равномерно во все стороны), которая не имеет границ. На практике это поле, влиянием границ на которое можно пренебречь в той области, которая нас интересует. В свободном поле уровень звукового давления уменьшается на 6 децибел при каждом удвоении расстояния от точечного источника звука.

Свободновращающийся диод. Это диод, функция которого – пропускать ток индуктивной нагрузки в те периоды, когда триодный тиристор находится в не токопроводящем состоянии.

Частота. Частота – это количество полных циклов любой периодически изменяющейся величины на единицу времени, например напряжения переменного тока или сила переменного тока. Обычно эта величина выражается в герцах (Hz) или циклах в секунду (CPS).

Основная частота. Генератор производит напряжение, форма колебания которого приближается к чистой синусоидальной кривой. Отклонения от этой синусоидальной кривой можно представить как дополнительные синусоидальные колебания, величина которых кратна величине основной частоты. Такие дополнительные частоты называются гармониками. Они обозначаются как третья, пятая и так далее гармоника; это означает, что их частота на такую величину кратна основной частоте. Например, в генераторе 60 герц, основной частотой будет являться частота 60 герц. Третья гармоника будет иметь частоту, которая в три раза больше 60, т.е. 180 герц.

Коэффициент усиления. Коэффициент усиления мы получаем при делении изменения количества, получаемого на выходе, на изменение в соответствующем количестве на входе.

Управляющий электрод. Это третий вывод триодного тиристора, на который необходимо подать напряжение, чтобы ток смог проходить от первого вывода ко второму.

Генератор. Генератор – это установка, которая преобразовывает механическую энергию вращения в электрическую энергию. Смотрите Генератор переменного тока.

6-10

GFP. (Защита от замыканий на землю). Система защиты от замыканий на землю – это система, предназначенная ограничить ущерб оборудования вследствие коротких замыканий между линией и землей.

Регулятор. Регулятор – это приспособление на электродвигателе, которое управляет подачей топлива для того, чтобы поддерживать неизменной скорость двигателя при изменяющихся условиях нагрузки. Регулятор должен иметь приспособления для регулировки скорости (частоты генератора) и снижения скорости (от отсутствия нагрузки к полной нагрузке).

Заземление. Заземление – это соединение, случайное или преднамеренное, между электрической цепью и землей или каким-либо токопроводящим телом, которое используется вместо земли.

Заземление. Это преднамеренное подсоединение электрической системы или электрооборудования (корпусов, трубопроводов, рам и т.д.) к земле.

Заземление нейтрали. Это преднамеренно заземленная центральная точка четырехжильного генератора с соединением типа «звезда» или центральная точка обмотки однофазного генератора.

Замыкание через землю. Замыкание через землю – это способ определения короткого замыкания на землю, при котором используется один датчик, замыкающий основную навесную перемычку между нейтралью системы электропитания и землей. Сам по себе этот прибор не может определить замкнувшую цепь, но при использовании вместе с датчиками короткого замыкания на всех фидерах и соединениях источника питания, он может обеспечить защиту шины от короткого замыкания при правильной координации (запаздывание).

Гармоники. Гармоники – это составляющие напряжения или тока, которые действуют как целые кратные величины основной частоты системы энергопитания (50 или 60 герц). Гармонические токи влияют на кривую напряжения, искажая чисто синусоидальную форму этой кривой.

Тепловая нагрузка. Прибор, который поглощает и рассеивает тепловую энергию от диодов и триодных тириستоров во избежание повреждений вследствие перегрева.

Герц (Hz). Термин «герц» - наиболее часто встречающееся обозначение количества циклов в секунду (CPS).

6-11

Качание. Качание – это явление, которое может произойти при изменениях нагрузки, когда частота или напряжение продолжает увеличиваться более необходимой величины и уменьшаться менее необходимой величины, не достигая стабильного значения. Причиной качания является недостаточное гашение колебаний.

I – условное обозначение силы тока, измеряется в амперах.

Полное сопротивление. Явление, противоположное прохождению тока в цепи переменного тока.

Наведенное напряжение. Напряжение, которое появляется в обмотке при ее движении в магнитном поле, когда изменяется число магнитных силовых линий, проходящих через проводники.

Индуктивность. Свойство обмотки, которая имеет тенденцию сохранить неизменной величину силы тока в присутствии переменного тока. Выражается в генри.

Совпадение по фазе. Переменный ток и напряжение переменного тока считаются совпадающими по фазе в том случае, если они одновременно проходят через нулевую отметку и достигают максимального значения.

Изоляция. Изоляция – это не проводящий ток материал, который применяют для предотвращения утечки электрического тока из проводника. В промышленности используется изоляционный материал нескольких классов, каждый из этих классов характеризуется величиной максимальной температурой непрерывной эксплуатации.

Сопротивление изоляционного материала. Сопротивление, измеряемое при помощи мегаомметра, между выводами генератора и рамой генератора, а также между выводами обмотки возбуждения и валом.

Падение напряжения сопротивления изоляции. (Через сопротивление). Равно величине силы тока в амперах, умноженной на величину сопротивления в Омах.

Потери в магнитной системе. Та часть потерь, происходящих внутри генератора, причиной которых является намагничивание сердечников. Величина потери зависит от плотности потока, толщины, и от материала, из которого изготовлены пластины сердечника.

Изохронный. Имеет отношение к регуляторам. Скорость остается неизменной независимо от величины нагрузки.

6-12

K – 1000.

kVA – kVA – это векторная сумма активной мощности (kW) и реактивной мощности (kVAR), проходящих по цепи.

kVAR. (Киловольт-амперы реактивные). kVAR – это результат умножения напряжения на силу тока в амперах, необходимую для возбуждения индуктивных токов. Он связан с реактивной мощностью, которая проходит между параллельными обмотками генератора и между генераторами и обмотками нагрузки, которые подают токи намагничивания, необходимые для работы трансформаторов, двигателей и других электромагнитных нагрузок. Реактивная мощность не нагружает двигатель генераторной установки, но ограничивает генератор термически.

kW. (Киловатты). Киловатты – это термин, используемый для характеристики мощности электрических приборов и оборудования. Генераторные установки в США обычно характеризуются в kW. kW, которую иногда называют активной мощностью, дает нагрузку на двигатель генераторной установки.

kW-h. (Киловатт-час). Это единица измерения электрической энергии. Она эквивалентна 1 киловатту электрической энергии, поставляемой в течение 1 часа.

L – условное обозначение индуктивности, выраженное в генри.

Коэффициент запаздывания мощности. Коэффициент запаздывания мощности в цепях переменного тока (коэффициент мощности менее 1,0) является результатом индуктивных нагрузок, например, двигателей и трансформаторов, которые заставляют силу тока запаздывать по отношению к напряжению. Смотрите коэффициент мощности.

Пластинчатый сердечник. Ферромагнитный сердечник, состоящий из нескольких тонких пластин из кремнистой стали, образующий линию магнитной индукции в генераторе.

Фаза. Фаза – это обмотка фазы в генераторе или фазовый провод системы распределения.

Линейное напряжение. Линейное напряжение – это напряжение между любыми двумя фазами генератора переменного тока.

Напряжение нейтрали. В трехфазном, 4-жильном генераторе с соединением звезда напряжение нейтрали – это напряжение между фазой и общей нейтралью, в которой все три фазы соединяются.

6-13

Коэффициент нагрузки. Коэффициент нагрузки – это отношение средней нагрузки к номинальной мощности генераторной установки.

Потери. Разность между вводом и выводом электрического или механического устройства.

Низкое напряжение. В контексте этого Руководства под низким напряжением подразумевается рабочее напряжение систем переменного тока величиной от 120 до 600 вольт АС.

Магнитная цепь. Это направление магнитных силовых линий.

Напряженность магнитного поля. Число магнитных силовых линий, образуемых током возбуждения.

Плотность магнитного поля. Количество магнитных силовых линий на единицу площади.

Магнитные силовые линии. Воображаемые линии, используемые для удобства, чтобы обозначить направление, в котором действует магнитная сила в магнитном поле, образованном обмотками возбуждения генератора.

Выключатель электропитания. Выключатель электропитания – это выключатель цепи, находящийся на входе или на выходе шины, через которую должна проходить вся мощность шины. Выключатель электропитания генератора – это устройство, устанавливаемое как правило на генераторной установке, которое прерывает подачу мощности установки на выход.

Электрическая сеть. Электрическая сеть – это термин, широко используемый за пределами США для обозначения обычной системы энергоснабжения (коммунальная служба).

Среднее напряжение. В контексте данного Руководства среднее напряжение относится к рабочему напряжению систем переменного тока от 601 до 15,000 вольт АС.

Мегаомметр. Омметр для измерения больших значений напряжения, в который встроен генератор, приводимый в движение вручную и применяемый для измерения сопротивления изоляции.

Мегаом. Один миллион Ом.

Мегаомметр. Смотрите выше.

Выключатель в литом корпусе. Выключатель в литом корпусе автоматически прерывает ток, проходящий через него, если сила тока превышает определенный уровень в течение определенного периода времени. Слово «литой» означает, что в качестве средства электрической изоляции для оболочки прибора и для разделения токопроводящих поверхностей друг от друга и от заземленных металлических деталей используется литой пластик.

Прокрутка. При параллельном включении, если генераторная установка не отключается от шины при выходе из строя электродвигателя (как правило, такое происходит из-за неисправности топливной системы), генератор начинает прокручивать двигатель, забирая мощность с шины. Защита от обратной мощности, которая автоматически отключает вышедшую из строя установку от шины, очень важна в системах с параллельным включением. Также в некоторых случаях, например, в лифтах, нагрузка может начать прокрутку генераторной установки в том случае, если присутствующая дополнительная нагрузка недостаточна.

NEC. Национальный электрический стандарт. В США этот документ – наиболее часто цитируемый общий электрический стандарт.

NEMA. Национальная Ассоциация изготовителей электрооборудования.

Нейтраль. Нейтралью называется общая точка генератора переменного тока с соединением звезда, провод, подсоединенный к этой точке или к середине обмотки однофазного генератора переменного тока.

NFPA. Национальная Ассоциация противопожарной защиты (США).

Нелинейная нагрузка. Нелинейная нагрузка – это нагрузка, при которой взаимосвязь между напряжением и силой тока не является линейной функцией. Некоторые широко встречающиеся нелинейные нагрузки – это люминесцентное освещение, стартеры двигателей SCR и системы бесперебойного электропитания. Нелинейные нагрузки приводят к ненормальному нагреву проводника и искажению напряжения.

NC или нормально замкнутый. Релейный контакт, который замкнут, если на катушку реле не подается электропитание.

NO или нормально разомкнутый. Релейный контакт, который разомкнут, если на катушку реле не подается электропитание.

Октавный диапазон. При измерениях звукового давления (с применением анализатора октавного диапазона) октавными диапазонами называются восемь разделов измеряемого спектра звуковой частоты, в которых самая высокая частота каждого диапазона в два раза больше самой низкой частоты этого диапазона. Октавные диапазоны характеризуются своими центральными частотами, обычно: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 герц (циклов в секунду).

Ом. Ом – это единица электрического сопротивления. 1 вольт вызовет появление силы тока в 1 ампер в сопротивлении 1 ом.

Омметр. Прибор для измерения электрического сопротивления.

Закон Ома. Основной закон, выражающий взаимосвязь между напряжением, силой тока и сопротивлением в цепях с прямым током. В цепях с переменным током вместо понятия сопротивление прямого тока применяется величина, которую называют импеданс (полное сопротивление). Закон утверждает, что $E=IR$, напряжение равно результату от умножения силы тока на сопротивление.

Напряжение холостого хода. Напряжение, которое получаем, когда к источнику напряжения не прилагается никакая нагрузка, например генератор.

Осциллограмма. Кривая, показывающая резко изменяющиеся электрические величины, записанная осциллографом.

Осциллограф. Записывающий осцилоскоп.

Осцилоскоп. Прибор, как правило, представляющий собой катодную трубку, который воспроизводит на мониторе след волнообразной формы, который оставляет одна или несколько быстро изменяющихся величин.

Не совпадающий по фазе. Несовпадение по фазе относится к переменному току или напряжению одинаковой частоты, который проходят через свои нулевые точки не одновременно.

Параметр перегрузки. Параметр перегрузки прибора – это нагрузка, которая превышает номинальные параметры, которые может выдерживать прибор в течение определенного периода времени без выхода из строя.

Реле перегрузки. Реле, которое срабатывает для того, чтобы прервать слишком большой ток.

Выход за установленные пределы. Так называется та величина, на которую напряжение или частота превышает номинальные значения, пока регулятор напряжения или управляющее устройство не среагирует на изменения в нагрузке.

6-16

Работа в параллельном режиме. Работа в параллельном режиме – это работа двух или нескольких источников мощности переменного тока, выходные провода которых подключены к общей нагрузке.

Параллельное включение. Процедура, которую применяют для того, чтобы параллельно подключить два или более генераторов, т.е. подключить их к общей нагрузке.

Пиковая нагрузка. Пиковая нагрузка – это самая высокая точка на кривой потребности оборудования в мощности. Она используется в качестве основы для определения затрат на потребности компании.

Ограничение максимума нагрузки. Ограничение максимума нагрузки – это процесс, при помощи которого нагрузки оборудования уменьшаются на короткий период времени, чтобы ограничить максимальную потребность оборудования в электроэнергии и избежать части затрат от местных электростанций.

PF. Смотрите коэффициент мощности.

Фаза. Фаза – это понятие, имеющее отношение к обмоткам генератора переменного тока. В трехфазном генераторе есть три обмотки, которые обозначаются обычно А-В-С, R-S-T или U-V-W. Фазы не совпадают друг с другом на 120 градусов. Иными словами, те моменты, в которые трехфазные напряжения проходят через нулевую отметку или достигают своего максимума, отстоят друг от друга на 120°, принимая один законченный цикл равным 360°. Однофазный генератор имеет только одну обмотку.

Сдвиг по фазе. Сдвиг по фазе – это понятие, которое относится к взаимосвязи между двумя синусоидальными кривыми, которые проходят через нулевую отметку не одновременно, например, фазы в трехфазном генераторе. Считая, что один полный цикл равен 360°, сдвиг по фазе показывает, насколько далеко расходятся между собой две кривые по отношению к полному циклу.

Чередование фаз. Чередование фаз описывает порядок (А-В-С, R-S-T или U-V-W) фазовых напряжений на выходных клеммах трехфазного генератора. Чередование фаз генераторной установки должно совпадать с чередованием фаз обычного источника энергии, к которому подключено оборудование. Чередование фаз необходимо проверить, прежде чем подавать электрическую нагрузку на оборудование.

Шаг. Шаг – это соотношение числа прорезей в обмотке статора генератора, закрытых катушкой, к числу прорезей обмотки на полюс. Это характеристика механической конструкции, которую может использовать конструктор генератора для оптимизации соотношения стоимости генератора и качества формы кривой напряжения.

Полюс. Понятие «полюс» относится к магнитам, которые бывают двухполюсными. Полюса магнита обозначаются как Южный и Северный. Так как магниты имеют два полюса, все генераторы имеют четное число полюсов. Число полюсов определяет, насколько быстро будет вращаться генератор, чтобы достичь определенной частоты. Например, генератор с 4-полюсным магнитным полем, должен вращаться со скоростью 1800 оборотов в минуту, чтобы достичь частоты 60 герц (1500 оборотов в минуту для 50 герц).

Понятие «полюс» также может быть применено к электродам аккумуляторной батареи или к нескольким фазам, на которых установлен выключатель или прерыватель.

Полярность. Свойство электрического тока, которое показывает направление, в котором преимущественно движется прямой ток. Обозначается как + (положительный) или – (отрицательный).

Полюс. Часть магнитной структуры, в которой две такие части называются Южный полюс и Северный полюс. Так как ни один из полюсов не может существовать без своей противоположности, они всегда существуют вместе. Поэтому генератор всегда имеет четное число полюсов. Это понятие также используется при описании электродов аккумуляторной батареи и для обозначения числа цепей, которые зависят от выключателя.

Потенциал. Напряжение.

Разность потенциалов. Разность в величине напряжения между двумя точками.

Потенциометр. Изменяемое сопротивление. Реостат.

Мощность. Скорость выполнения работы или количество энергии на единицу времени. Механическая мощность может измеряться в лошадиных силах, электрическая мощность измеряется в киловаттах.

Выключатель электропитания. Выключатель электропитания – это выключатель цепи, контакты которого принудительно замкнуты с помощью пружины под нагрузкой, через центральный механизм, чтобы добиться быстрого замыкания (за 5 циклов) и высоких характеристик устойчивости и прерывания. Выключатель электропитания может быть в изолированном корпусе или это может быть выключатель с воздушным дутьем.

PF. Коэффициент мощности. Величины индуктивности и электрической емкости в цепях переменного тока приводят к тому, что точки, в которых кривая напряжения проходит через нулевую отметку, отличаются от тех точек в которых через нулевую отметку проходит кривая величины силы тока. Если кривая силы тока идет впереди кривой напряжения, появляется опережающий коэффициент мощности, как например в случае с емкостными нагрузками или синхронными двигателями с превышением возбуждения сверх нормы. Если кривая напряжения идет впереди кривой силы тока, появляется запаздывающий коэффициент мощности. Обычно так и происходит. Коэффициент мощности показывает, до какой степени нуль напряжения отличается от нуля силы тока. Считая, что один полный цикл равен 360° , мы можем выразить разницу между двумя нулями в виде угла. Коэффициент мощности вычисляется как косинус угла между нулевыми отметками и выражается в виде десятичной дроби (0,8) или в виде процентного соотношения (80%). Это соотношение, существующее между мощностью и напряжением. Другими словами, $kW=kVA \times PF$.

Первичная обмотка. Это обмотка трансформатора, которая расположена на входе. Первичной обмоткой можно назвать входную обмотку, обычно статор генератора.

R. Символическое обозначение сопротивления, выражается в Омах.

Радиопомеха. Радиопомехой называются помехи, возникающие при приеме радиоволн, причиной которых бывает генераторная установка.

Подавление радиопомех. Подавлением радиопомех называются способы, к которым прибегают для того, чтобы уменьшить до минимума количество радиопомех.

Реактивное сопротивление. Реактивное сопротивление – это понятие, противоположное движению тока в цепях переменного тока, причиной появления которого являются индуктивность и электрическая емкость. Оно выражается в Омах, обозначается X.

Реактивные kVA или kVAR (1000 реактивных вольт-ампер). Величина переменного тока состоит из активного компонента и компонента без мощности. Активный компонент выражается в киловаттах, компонент без мощности – это kVAR.

Активная мощность. Под активной мощностью подразумевается результат умножения силы тока, напряжения и коэффициента мощности. Активная мощность выражается в киловаттах. Смотрите Ватт.

Выпрямитель. Прибор для преобразования переменного тока в постоянный ток.

Мостовой выпрямитель. Группа выпрямителей (это могут быть диоды), соединенных таким образом, что напряжение постоянного тока появляется по одной диагонали, если по другой диагонали подается напряжение переменного тока.

Частота регулировки.

Величина, получаемая путем деления разности между частотой в отсутствие нагрузки и частотой при полной нагрузке на частоту при полной нагрузке. Выражается в процентах.

Регулирующее напряжение.

Смотрите регулировка напряжения.

Регулятор напряжения.

Смотрите регулятор напряжения.

Реле.

Электромагнитный прибор, который размыкает или замыкает контакты и подсоединенные к ним цепи под влиянием импульсов, прилагаемых к катушке.

Остаточная магнитная индукция.

Магнитная индукция, которая остается после того, как исчезает магнитная сила.

Сопротивление.

Сопротивление – это явление, противоположное силе тока в цепях постоянного тока. Оно выражается в Омах, обозначается R.

Резистор.

Компонент, который создает сопротивление движению электрического тока. Его характеристика выражается в Омах или ваттах, обозначает величину тепловой энергии, которую он может рассеивать.

Реостат.

Резистор, величина сопротивления которого может изменяться путем поворота рукоятки или вала, на котором имеется шлиц под отвертку и контргайка. Потенциометр.

RMS.

Среднеквадратическое значение. Среднеквадратические величины измеряемых показателей, таких как напряжение переменного тока, сила тока и мощность, считаются «эффективными» значениями этих показателей. Смотрите Ватт.

Ротор.

Ротор – это вращающийся элемент двигателя или генератора.

RPM.

Число оборотов в минуту.

SCR. (Триодный тиристор).

Триодный тиристор – это имеющий три электрода сплошной прибор, который позволяет току двигаться только в одном направлении, это происходит только в том случае, когда на третий электрод, который называется управляющим электродом, подается соответствующий потенциал.

6-20

Вторичная обмотка. Это часть трансформатора, на которую подается нагрузка; энергия на нее поступает с первичной обмотки или входной стороны при помощи электромагнитной индукции.

Селективная координация. Селективная координация – это избирательное применение приборов превышения тока, с тем, чтобы немедленно устранить последствия короткого замыкания на стороне, где произошло замыкание, только с помощью этих приборов.

Последовательное соединение. Это такой способ соединения электрической цепи, когда выходной электрод одного элемента соединяется с входным электродом другого элемента, создавая один путь для движения электрического тока.

Служебный вход. Это точка, в которой используемая система энергоснабжения подводится к предприятию. В системах низкого напряжения заземление нейтрали проводится у служебного входа.

Короткое замыкание. Короткое замыкание – это, как правило, непреднамеренное электрическое соединение между токопроводящими дорожками.

Расцепитель с шунтовой катушкой. Расцепитель с шунтовой катушкой – это приспособление, добавляемое к прерывателю цепи или выключателю с плавким предохранителем, чтобы обеспечить возможность дистанционного размыкания прерывателя или выключателя с помощью электрического сигнала.

Сигнал. Электрический импульс, который инициирует работу регулирующего устройства. Также называется сигналом ошибки, который в регуляторе напряжения обозначает разность между измеренным напряжением и эталонным напряжением.

SCR или триодный тиристор. (Также смотрите управляющий электрод). Сплошной прибор с тремя выходами, который позволяет току двигаться только в одном направлении и позволяет сделать это только в том случае, когда на третьем выходе, который называется управляющий электрод, появляется соответствующий управляющий потенциал.

Синусоидальная кривая. Синусоидальная кривая – это графическое изображение синусоидной функции, в которой значения синуса (обычно на оси Y) откладываются относительно величин углов (ось X), к которым они относятся. Формы кривых напряжения переменного тока и тока похожи на такую кривую.

Одна фаза. Прибор или цепь, питание на которые подается переменным напряжением с одной фазой. Одна фаза многофазной системы.

6-21

Однополюсный переключатель. Переключатель, который размыкает или замыкает один контакт.

Рубильник. Рубильник, имеющий только один контакт.

Плавная нагрузка. Плавная нагрузка относится к постепенному линейному изменению нагрузки, подаваемой или снимаемой с генератора с целью уменьшения до минимума переходного напряжения и частоты в системе.

Звук. Звук рассматривается как с точки зрения волн звукового давления, перемещающихся в воздухе (давление, налагающееся на атмосферное давление), так и с точки зрения соответствующих слуховых ощущений. Звук может «передаваться конструкциями», т.е. он перемещается через любое сплошное эластичное тело, но становится слышимым только в тех точках, где сплошное тело «излучает» волны давления в воздух.

Измеритель уровня звука. Измеритель уровня звука измеряет уровень звукового давления. В нем имеется несколько шкал (А, В, С) со встроенными частотами (в децибелах), чтобы охватить различные участки диапазона измеряемой громкости. Измерители уровня шума показывают среднеквадратичное значение шума, если измерения не аттестуются как имеющие мгновенный уровень или пиковый уровень звука.

Уровень звукового давления (SPL). Уровень звукового давления относится к амплитуде разности давления, вызванного колебанием звука. Эта величина измеряется по шкале децибел (А, В, С), настройка которой ведется по какому-либо эталону (как правило 10^{-12} микробар).

Снижение скорости. Уменьшение неизменной скорости двигателя, причиной которого является возрастание нагрузки в диапазоне от отсутствия нагрузки к полной нагрузке без изменений в настройке регулятора. Данное снижение скорости при полной нагрузке выражается в процентах от средней скорости.

Соленоид. Цилиндрическая обмотка, работающая на подвижном электромагнитном сердечнике или плунжере в центре обмотки.

Сплошной. Сплошные приборы выполняют свою функцию, не используя подвижные детали. Конденсаторы, диоды, триодные тиристоры и т.д. не имеют движущихся деталей, но могут выполнять определенные функции в зависимости от своего состояния. Противоположными сплошным приборам считаются такие приборы, например, реле и выключатели, в которых необходимо приложить механическое усилие, чтобы они выполнили свою функцию.

Переключатель SPDT. Однополюсный переключатель на два направления.

Переключатель SPST. Однополюсный переключатель на одно направление.

6-22

Устойчивость. Способность сохранять или быстро восстанавливать устойчивое состояние после изменения нагрузки.

Резервная система. Резервная система – это независимая система электропитания, которая позволяет продолжить работу оборудования в случае отказа обычной системы электроснабжения.

Соединение типа «Звезда». Смотрите соединение Y.

Пусковой ток. Начальное значение силы тока, проходящее через электродвигатель во время его запуска из состояния покоя.

Статор. Статор – это неподвижная часть генератора или электродвигателя. Смотрите Сердечник.

Обмотка статора. Обмотка сердечника, находящаяся на сердечнике статора генератора возбуждения, в которой возбуждается выходное напряжение.

Скачок. Скачок – это неожиданный подъем напряжения в системе. Обычно его причиной бывает отключение нагрузки.

Ограничитель перенапряжения. Это прибор, который может проводить высокое кратковременное напряжение. Эти приборы применяются для защиты других приборов, которые могли бы выйти из строя при кратковременных напряжениях.

Синхронность. Состояние, при котором совпадают частота и фаза.

Синхронизация. В цепи параллельного соединения можно получить состояние синхронизации в том случае, когда подающая питание генераторная установка настроена на одну частоту, напряжение, последовательность фаз с работающим источником питания.

Процесс синхронизации. Процесс подгонки одного колебания под другое путем регулировки его частоты и угла фазы до тех пор, пока они не совпадут.

Синхронный. Это слово используется для определения такого типа электродвигателя или генератора, в которых взаимосвязь между частотой (в герцах в секунду) и скоростью (в числе оборотов в минуту) постоянна и неизменна.

6-23

Синхронный генератор. Синхронный генератор – это генератор переменного тока, имеющий прямоточный возбудитель. Синхронные генераторы используются как отдельно работающие генераторы для получения аварийного питания, их также можно подключить параллельно к другим синхронным генераторам и к энергосистеме общего потребления.

Тахометр. Прибор для подсчета числа оборотов в минуту.

Отвод. Точка соединения на корпусе обмотки или резистора.

Коэффициент помех проводной связи (TIF). Более высокие гармоники в форме кривой напряжения генератора могут вызвать нежелательные помехи в проводной связи, если линии электропитания проходят параллельно телефонным линиям. Чтобы вычислить величину коэффициента помех проводной связи, необходимо возвести в квадрат среднеквадратические значения основной и нетройной последовательности гармоник, сложить полученные числа и затем извлечь квадратный корень из полученной суммы. Отношение данной величины к величине среднеквадратического значения кривой напряжения без нагрузки называется сбалансированным коэффициентом помех проводной связи. Отношение данной величины к утроенному значению среднеквадратического значения напряжения при переходе от фазы без нагрузки к нейтральному называется остаточным явлением коэффициента помех проводной связи.

Температурный дрейф. Такое состояние, при котором температурные изменения приводят к отклонению измеряемой величины от номинального значения.

Вывод или ввод. Приспособление для удобства подключения электрических соединений.

Термическое расцепляющее устройство. Расцепляющий элемент в размыкателе цепи, который размыкает цепь при возникновении тока перегрузки.

Трехпроводная система. Выходная система незаземленного трехфазного генератора переменного тока.

Постоянная времени. Величина, которая оказывает влияние на период времени, необходимый для перехода от одного состояния нагрузки к другому состоянию.

Реле выдержки времени. Реле, контакты которого размыкаются или замыкаются через определенный интервал времени после того, как активизирующий импульс поступил на обмотку. Как правило, этот интервал можно регулировать.

Трансформатор. Трансформатор – это прибор, который изменяет величину напряжения в источнике переменного тока с одного значения на другое.

6-24

Неустановившийся ток или неустановившееся напряжение. Временное изменение устойчивого состояния, которое происходит при изменении нагрузки.

Транзистор. Активный полупроводник, имеющий три или более вывода.

Отрицательный выброс. Под отрицательным выбросом понимают такую величину, на которую напряжение или частота падают ниже своего номинального значения, когда регулятор напряжения или управляющее устройство реагирует на изменения в нагрузке.

Единичный коэффициент мощности. Нагрузка, коэффициент мощности которой равен 1,0 или 100 процентам. Это такой случай, когда отсутствуют какие-либо индуктивные нагрузки (электродвигатели, трансформаторы и т.д.), а подключены только активные нагрузки (люминесцентные лампы, печи и т.д.), или же мощность и индуктивные нагрузки сбалансированы так, что совпадают по фазе напряжение и сила тока.

Электростанция общего пользования. Это коммерческий источник энергоснабжения, который подает электрическую энергию отдельным потребителям в одной центральной электростанции.

V – вольт.

Вольт. Вольт – единица измерения разности электрических потенциалов. Разность потенциалов в 1 вольт заставляет силу тока величиной в 1 ампер проходить через сопротивление 1 ом.

Напряжение. Разность электрических потенциалов или давление, которое заставляет ток проходить по проводнику.

VA или вольт-ампер. Результат умножения напряжения на силу тока. Используется для обозначения номинальной мощности трансформатора или генератора.

VAR или Активная величина вольт-ампер. Смотрит активную величину KVA.

Посадка напряжения. Посадка напряжения – это понижение напряжения, которое происходит при мгновенном повышении нагрузки; данное явление происходит прежде чем регулятор может откорректировать его. Иначе посадка напряжения может произойти при недостатке нагрузки на регуляторе напряжения при перегруженном двигателе-генераторе.

6-25

Спад напряжения. Уменьшение постоянной величины напряжения генератора, причиной которого является увеличение нагрузки при переходе от отсутствия нагрузки к полной нагрузке без изменения настройки регулятора напряжения. Этот спад напряжения выражается в процентах от напряжения полной нагрузки.

Компенсация падения напряжения. Смотрите определение СССТ до корректировки, с добавлением трансформатора или сопротивления.

Падение напряжения. Смотрите Падение напряжения IR (через сопротивление).

Регулировка напряжения. Регулировка напряжения – это характеристика, которая показывает разницу между максимальным и минимальным устойчивым напряжением в процентном выражении от номинального напряжения.

Регулятор напряжения. Регулятор напряжения – это прибор, который поддерживает выходное напряжение генератора как можно ближе к его номинальному значению в ответ на изменяющиеся условия нагрузки.

Вольтметр. Прибор для измерения величины напряжения.

W – ватт.

Ватт. Ватт – это единица измерения электрической мощности. В цепях постоянного тока (DC) мощность равна произведению напряжения на силу тока. В цепях переменного тока (AC) мощность равна среднеквадратическому значению напряжения, умноженному на среднеквадратическое значение силу тока, умноженному на коэффициент мощности и умноженному на постоянную величину, зависящую от числа фаз. 1.000 ватт равны 1 киловатту.

Соединение типа Y. Соединение типа Y – это то же самое, что и соединение типа «звезда». Это способ соединения между собой фаз трехфазной системы, при котором образуется фигура, похожая на букву Y. К центральной точке соединения может быть подсоединен четвертый провод (нейтральный).

Ватт-час. Единица измерения электрической энергии, равная 1 ватту мощности, поглощенному в течение 1 часа.

Реактивная мощность. Смотрите реактивная величина KVA.

Форма колебаний. Форма кривой колебательного сигнала, представленная графически.

6-26

Жгут проводов. Предварительно собранный определенным образом пучок проводов требуемой длины для обеспечения электрических соединений.

X – реактивное сопротивление. Выражается в Омах.

Соединение типа Y. То же, что и соединение типа «звезда». Способ соединения фаз трехфазной системы между собой, когда образуется напоминающая букву Y фигура. Четвертый или нейтральный провод может быть подсоединен к центральной точке.

Z – полное сопротивление. Сопротивление к проходящему току в цепи переменного тока.

Нулевая последовательность чередования фаз. Это способ определения короткого замыкания на землю, когда используется датчик (СТ), который замыкает все проводники фаз, а также и нейтральные проводники. Датчик показывает выходное значение, прямо пропорциональное несбалансированности тока короткого замыкания на землю, существующего в цепи. Затем это выходное значение измеряется при помощи реле, что заставляет срабатывать выключатель цепи или аварийный сигнал короткого замыкания на землю.

Зоны защиты. Зоны защиты – это определенные площади внутри распределительной системы, которые защищены отдельными группами защитных измерительных и размыкающих устройств.

6-27

БРИТАНСКИЕ И МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ**ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ****ИСО 8528 Генераторные установки переменного тока, работающие от поршневого двигателя внутреннего сгорания (1993)**

Часть 1	Паспортные данные и эксплуатационные параметры
Часть 2	Технические условия на двигатели
Часть 3	Технические условия на генераторы переменного тока
Часть 4	Управление и распределительное устройство
Часть 5	Технические условия на генераторные установки
Часть 6	Методики проведения испытаний

ИСО 3046 Технические условия на поршневые двигатели внутреннего сгорания: эксплуатационные параметры

Часть 1	Стандартные эталонные условия и описания мощности, потребления топлива и потребления смазочного масла
Часть 2	Методики проведения испытаний
Часть 3	Проведение измерений во время испытаний
Часть 4	Регулирование скорости
Часть 6	Защита от заброса оборотов

БС 5000 Технические условия на вращающиеся электрические установки некоторых видов или применяемые в определенных целях

БС 4999 Часть 102 (IEC 34-2 и 2A). Методики определения потерь и эффективности на основе испытаний.

БС 5406 (EN 50 006). Ограничения электрических возмущений в сетях электроснабжения, вызванных домашними бытовыми и другими приборами, оснащенными электронными устройствами.

БС 800 (VDE 0975 Сорт N). Технические условия на ограничения радио помех и проведение измерений на оборудовании, снабженном небольшими электродвигателями, контактами, управляющими устройствами и другими приспособлениями, служащими причиной появления подобных помех.

БС 1597 Подавление радио помех на судовых установках.

БС 5260 Строительные нормы и правила подавления радио помех на судовых установках.

БС 5490 (IEC 529). Технические условия на степени защиты, предоставленные корпусами.

БС 5420 (IEC 144). Технические условия на степени защиты корпусов для распределительных и контрольных устройств при напряжениях до 1000 вольт переменного тока включительно и 1200 вольт переменного тока включительно.

БС 3939 (IEC 617). Руководство по графическим условным обозначениям для схем электропитания, телекоммуникаций и электронных схем.

6-28

МОНТАЖ.

- БС 7671. Требования к электрооборудованию. Правила подсоединения проводов ИЕЕ. Издание 16-ое, 1992 г.
- БС 5266. Аварийное освещение помещений (Кроме кинотеатров и подобных помещений).
- БС 5839. Системы обнаружения пожара и аварийной пожарной сигнализации в зданиях.
- БС 7430. Заземление.
- БС 799. Технические условия на оборудование, работающее на нефтепродуктах.
- БС 6133. Строительные нормы и правила по безопасной эксплуатации свинцово-цинковых стационарных батарей и аккумуляторов.
- БС 5467 (IEC 502, IEC 504). Технические условия на бронированные кабели с термореактивной изоляцией для источников электропитания.
- БС 6004. (IEC 227). Технические условия на кабели с изоляцией из поливинилхлорида (небронированные) для электропитания и освещения.
- БС 6346. Технические условия на кабели с изоляцией из поливинилхлорида для электропитания.
- БС 6622 (IEC 502). Технические условия на кабели с выступающей сшитой изоляцией из полиэтиленового или этилен-пропиленового каучука на номинальных напряжениях от 3800/ 6600 до 19000/ 33000 вольт.
- БС 6746 (IEC 227, IEC 540). Технические условия на поливинилхлоридную изоляцию и оболочки электрических кабелей.
- БС 6081. Технические условия на концевую заделку кабелей с минеральной изоляцией.
- БС 6121. Технические условия на механические уплотнители для кабелей с эластомерной и пластмассовой изоляцией.
- БС 6207. Технические условия на кабели с минеральной изоляцией. Часть 1 (IEC 702). Кабели с медной оболочкой с медными жилами.
- БС 6387. Технические условия на эксплуатационные требования к кабелям, служащим для сохранения целостности цепи в случае пожара.
- БС 6724. Технические условия на бронированные кабели для электропитания, снабженные термореактивной изоляцией с низким выделением дыма и коррозионных газов в случае пожара.
- БС 4142 (ИСО 1996/ 3). Методики нормирования промышленных шумов, влияющих на смешанные жилые и промышленные зоны.

NFPA – НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ США.

NFPA 30. Правила и нормы на легковоспламеняющиеся и горючие жидкости.

NFPA 31. Монтаж оборудования, работающего на нефтепродуктах.

NFPA 37. Монтаж и эксплуатация стационарных двигателей внутреннего сгорания и газовых турбин.

NFPA 54. Национальные правила и нормы к топливному газу.

NFPA 58. Хранение и транспортировка сжиженного нефтяного попутного газа.

NFPA 70. Национальные нормы и правила по электричеству.

NFPA 99. Нормы и правила по учреждениям здравоохранения.

NFPA 101. Нормы и правила техники безопасности.

NFPA 110. Аварийные и резервные системы электропитания.

6-30

ПОЛЕЗНЫЕ ФОРМУЛЫ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ.

ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК.

	Постоян- ный ток	1 фаза – 2 провода	2 фазы – 4 провода	3 фазы – 4 провода
Амперы, л.с. известна	$\frac{H.P. \times 746}{E \times \text{Eff}}$	$\frac{H.P. \times 746}{E \times \text{Eff} \times \text{PF}}$	$\frac{H.P. \times 746}{2 \times E \times \text{Eff} \times \text{PF}}$	$\frac{H.P. \times 746}{1.73 \times E \times \text{Eff} \times \text{PF}}$
Амперы, кватт известна	$\frac{kW \times 1000}{E}$	$\frac{kW \times 1000}{E \times \text{PF}}$	$\frac{kW \times 1000}{2 \times E \times \text{PF}}$	$\frac{kW \times 1000}{1.73 \times E \times \text{PF}}$
Амперы, известна квольт-ампер		$\frac{kVA \times 1000}{E}$	$\frac{kVA \times 1000}{2 \times E}$	$\frac{kVA \times 1000}{1.73 \times E}$
Киловатт	$\frac{I \times E}{1000}$	$\frac{I \times E \times \text{PF}}{1000}$	$\frac{I \times 2 \times E \times \text{PF}}{1000}$	$\frac{I \times 1.73 \times E \times \text{PF}}{1000}$
Киловольт-ампер		$\frac{I \times E}{1000}$	$\frac{I \times E \times 2}{1000}$	$\frac{I \times E \times 1.73}{1000}$
Лошадиные силы	$\frac{I \times E \times \text{Eff}}{746}$	$\frac{I \times E \times \text{Eff} \times \text{PF}}{746}$	$\frac{I \times E \times 2 \times \text{Eff} \times \text{PF}}{746}$	$\frac{I \times E \times 1.73 \times \text{Eff} \times \text{PF}}{746}$

I = Сила тока в амперах

E= Линейное напряжение

Eff= КПД на единицу мощности

PF= коэффициент мощности

kVA= киловольт-ампер

H.P.= мощность в лошадиных силах

Примечание:

КПД изменяется от 86% для 25 киловольт-ампер до 93% для 1000 киловольтампер.

Как правило, чем больше генератор переменного тока, тем больше КПД.

Коэффициент мощности для обычных целей следует принять равным 0,85.

6-31

ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ

ПРЕОБРАЗУЕМ ИЗ	УМНОЖАЕМ НА	ПОЛУЧАЕМ
Килокалории	x 4,187	= килоджоуль
Британская тепловая единица	x 1,056	= килоджоуль
БТЕ/куб.фут	x 37,294	килоджоуль/куб.м
	x 0,037294	= килоджоуль/куб.м

МОЩНОСТЬ

ПРЕОБРАЗУЕМ ИЗ	УМНОЖАЕМ НА	ПОЛУЧАЕМ
БТЕ/час	x 0,002930	= киловатт
Килокалории/час	x 0,001163	= киловатт
Метрические л.с.	x 0,7335	= киловатт
Л.С.(Великобритания) (33,00фут-фунт/мин)	x 0,7457	= киловатт
Охлаждение, тонн (12,000 БТЕ/час)	x 3,517	= киловатт

ДАВЛЕНИЕ

ПРЕОБРАЗУЕМ ИЗ	УМНОЖАЕМ НА	ПОЛУЧАЕМ
мм рт.ст (0 град. С)	x 0,1333	= килоПаскаль
	x 0,001333	= Бар
дюймы рт. ст. (0 град. С)	x 3,386	= килоПаскаль
	x 0,0339	= Бар
фут вод. ст. (4 град. С)	x 2,989	= килоПаскаль
	x 0,0299	= Бар
кг на см кв.	x 98,066	= килоПаскаль
	x 0,9807	= Бар
фунт на дюйм кв. (psi)	x 6,895	= килоПаскаль
	x 0,0689	= Бар

УДЕЛЬНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ МОЩНОСТИ

ПРЕОБРАЗУЕМ ИЗ	УМНОЖАЕМ НА	ПОЛУЧАЕМ
Килокалории на		
метрические л.с. в час	x 0,005689	= МДжоуль/кваттчас
БТЕ на брит. л.с. в час	x 0,001415	= МДжоуль/кваттчас



6-32

ОБЪЕМ

ПРЕОБРАЗОВАТЬ ИЗ	УМНОЖИТЬ НА	ПОЛУЧАЕМ
Куб.фут/мин	х 0,0004719	= куб.м/сек
Куб.фут/час	х 0,028	= куб.м/час
Куб.м/час	х 35,313	=куб.фут/час

ВЕС ЖИДКОСТЕЙ

Жидкость	Фунт/имп.галлон	Кг на литр	Уд. плотность
Вода	10,00	1,00	1,000
Смазочное масло	9,00	0,90	0,916
Дизельное топливо	8,50	0,85	0,8555
Керосин	8,00	0,80	0,8000



6-33

РАЗРЯДНЫЕ МНОЖИТЕЛИ СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ СИ

РАЗРЯД. МНОЖИТЕЛЬ	УСЛ. ОБОЗНАЧЕНИЕ	ЗНАЧЕНИЕ
пико	p	$0,000\ 000\ 000\ 001 \times 10^{-12}$
нано	n	$0,000\ 000\ 001 \times 10^{-9}$
микро	μ	$0,000\ 001 \times 10^{-6}$
милли	m	$0,0001 \times 10^{-3}$
санτι	c	$0,01 \times 10^{-2}$
деци	d	$0,1 \times 10^{-1}$
декта	da	10×10^{10}
гекто	h	100×10^2
кило	k	1000×10^3
мега	M	$1\ 000\ 000 \times 10^6$
гига	G	$1\ 000\ 000\ 000 \times 10^9$
тера	T	$1000\ 000\ 000\ 000 \times 10^{12}$

6-33

**ТОК ПОЛНОЙ НАГРУЗКИ ТРЕХФАЗНОЙ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ
СТАНДАРТНЫЕ ТРЕХФАЗНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ КОЭФФИЦИЕНТЕ МОЩНОСТИ
0,8 (P.F. 0,8).**

Сила тока в амперах

Напряжение кВт@0,8P.F	550	440 254	415 240	400 230	380 220	346 200	220 127	208 120	190 110
1	1,0	1,3	1,4	1,4	1,5	1,7	2,6	2,8	3,0
2	2,1	2,6	2,8	2,9	3,0	3,3	5,2	5,6	6,1
3	3,1	3,9	4,2	4,3	4,6	5,0	7,9	8,3	9,1
4	4,2	5,2	5,6	5,8	6,1	6,7	10,5	11,1	12,2
6	6,3	7,9	8,3	8,7	9,1	10,0	15,7	16,7	18,2
7	7,3	9,2	9,7	10,1	10,6	11,7	18,4	19,4	21,3
8	8,4	10,5	11,1	11,5	12,2	13,3	21,0	22,2	24,3
9	9,4	11,8	12,5	13,0	13,7	15,0	23,6	25,0	27,3
10	10,5	13,1	13,9	14,4	15,2	16,7	26,2	27,8	30,4
15	15,7	19,7	20,9	21,7	22,8	25,0	39,4	41,6	45,6
20	21,0	26,2	27,8	28,9	30,4	33,4	52,5	55,5	60,8
25	26,2	32,8	34,8	36,1	38,0	41,7	65,6	69,4	76,0
30	31,5	39,4	41,7	43,3	45,6	50,1	78,7	83,3	91,2
35	36,7	45,9	48,7	50,5	53,2	58,4	91,9	97,2	106,4
40	42,0	52,5	55,6	57,7	60,8	66,7	105,0	111,0	121,5
45	47,2	59,0	62,6	65,0	68,4	75,1	118,1	124,9	136,7
50	52,5	65,6	69,6	72,2	76,0	83,4	131,2	138,8	151,9
55	57,7	72,2	76,5	79,4	83,6	91,8	144,3	152,7	167,1
60	63,0	78,7	83,5	86,6	91,2	100,1	157,5	166,5	182,3
65	68,2	85,3	90,4	93,8	98,8	108,5	170,6	180,4	197,5
70	73,5	91,9	97,4	101,0	106,4	116,8	183,7	194,3	212,7
75	78,7	98,4	104,3	108,3	114,0	125,1	196,8	208,2	227,9
80	84,0	105,0	111,3	115,5	121,5	133,5	209,9	222,1	243,1
85	89,2	111,5	118,3	122,7	129,1	141,8	223,1	235,9	258,3
95	94,5	118,1	125,2	129,9	136,7	150,2	236,2	249,8	273,5
95	99,7	124,7	132,2	137,1	144,3	158,5	249,3	263,7	288,7
100	105,0	131,2	139,1	144,3	151,9	166,9	262,4	277,6	303,9
105	110,2	137,8	146,1	151,6	159,5	175,2	275,6	291,5	319,1
110	155,5	144,3	153,0	158,8	167,1	183,6	288,7	305,3	334,3
115	120,7	150,9	160,0	166,0	174,7	191,9	301,8	319,2	349,4
120	126,0	157,5	166,9	173,2	182,3	200,2	314,9	333,1	364,6
125	131,2	164,0	173,9	180,4	189,9	208,6	328,0	347,0	379,8
130	136,5	170,6	180,9	187,6	197,5	216,9	341,2	360,8	395,0
135	141,7	177,1	187,8	194,9	205,1	225,3	354,3	374,7	410,2
140	147,0	183,7	194,8	202,1	212,7	233,6	367,4	388,6	425,4
145	152,2	190,3	201,7	209,3	220,3	242,0	380,5	402,5	440,6
150	157,5	196,8	208,7	216,5	227,9	250,3	393,6	416,4	455,8

6-33

Напряжение кВт@0,8P.F	550	440 254	415 240	400 230	380 220	346 200	220 127	208 120	190 110
155	162,7	203,4	215,6	223,7	235,5	258,6	406,8	430,2	471,0
160	168,0	209,9	222,6	230,9	243,1	267,0	419,9	444,1	486,2
165	173,2	216,5	229,5	238,2	250,7	275,3	433,0	458,0	501,4
170	178,5	223,1	236,5	245,4	258,3	283,7	446,1	471,9	516,6
175	183,7	229,6	243,5	252,6	265,9	292,0	459,3	485,8	531,8
180	189,0	236,2	250,4	259,8	273,5	300,4	472,4	499,6	547,0
185	194,2	242,7	257,4	267,0	281,1	308,7	485,5	513,5	562,2
190	199,4	249,3	264,3	274,2	288,7	317,0	498,6	527,4	577,4
195	204,7	255,9	271,3	281,5	296,3	325,4	511,7	541,3	592,5
200	209,9	262,4	278,2	288,7	303,9	333,7	524,9	555,1	607,7
205	215,2	269,0	285,2	295,9	311,5	342,1	538,0	569,0	622,9
210	220,4	275,6	292,2	303,1	319,1	350,4	551,1	582,9	638,1
215	225,7	282,1	299,1	310,3	326,7	358,8	564,2	596,8	653,3
220	230,9	288,7	306,1	317,5	334,3	367,1	577,4	610,7	668,5
225	236,2	295,2	313,0	324,8	341,9	375,4	590,5	624,5	683,7
230	241,4	301,8	320,0	332,0	349,4	383,8	603,6	638,4	698,9
235	246,7	308,4	326,9	339,2	357,0	392,1	616,7	652,3	714,1
240	251,9	314,9	333,9	346,4	364,6	400,5	629,8	666,2	729,3
245	257,2	321,5	340,8	353,6	372,2	408,8	643,0	680,1	744,5
250	262,4	328,0	347,8	360,8	379,8	417,2	656,1	693,9	759,7
300	314,9	393,6	417,4	433,0	455,8	500,6	787,3	832,7	911,6
400	419,9	524,9	556,5	577,4	607,7	667,5	1049,7	1110,3	1215,5
500	524,9	656,1	695,6	721,7	759,7	834,3	1312,2	1387,9	1519,3
600	629,8	787,3	834,7	866,0	911,6	1001,2	1574,6	1665,4	1823,2
700	734,8	918,5	973,8	1010,4	1063,5	1168,1	1837,0	1943,0	2127,1
750	787,3	984,1	1043,4	1082,5	1139,5	1251,5	1968,2	2081,8	2279,0

6-36

ТОК ПОЛНОЙ НАГРУЗКИ ОДНОФАЗНЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК
СТАНДАРТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ОДНОФАЗНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ КОЭФФИЦИЕНТЕ
МОЩНОСТИ 0,8 (P.F. 0,8).

Сила тока в амперах

Напряжение кВт@0,8P.F	240	220	200	120	110	100
5	20,8	22,7	25,0	41,7	45,5	50,0
10	41,7	45,5	50,0	83,3	90,9	100,0
15	62,5	68,2	75,0	125,0	136,4	150,0
20	83,3	90,9	100,0	166,7	181,8	200,0
25	104,2	113,6	125,0	208,3	227,3	250,0
30	125,0	136,4	150,0	250,0	272,7	300,0
35	145,8	159,1	175,0	291,7	318,2	350,0
40	166,7	181,8	200,0	333,3	363,6	400,0
45	187,5	204,5	225,0	375,0	409,1	450,0
50	208,3	227,3	250,0	416,7	454,5	500,0
55	229,2	250,0	275,0	458,3	500,0	550,0
60	250,0	272,7	300,0	500,0	545,5	600,0
65	270,8	295,5	325,0	541,7	590,9	650,0
70	291,7	318,2	350,0	583,3	636,4	700,0
75	312,5	340,9	375,0	625,0	681,8	750,0
80	333,3	363,6	400,0	666,7	727,3	800,0
85	354,2	386,4	425,0	708,3	772,7	850,0
90	375,0	409,1	450,0	750,0	818,2	900,0
95	395,8	431,8	475,0	791,7	863,6	950,0
100	416,7	454,5	500,0	833,3	909,1	1000,0
105	437,5	477,3	525,0	875,0	954,5	1050,0
110	458,3	500,0	550,0	916,7	1000,0	1100,0
115	479,2	522,7	575,0	958,3	1045,5	1150,0
120	500,0	545,5	600,0	1000,0	1090,9	1200,0
125	520,8	568,2	625,0	1041,7	1136,4	1250,0
130	541,7	590,9	650,0	1083,3	1181,8	1300,0
135	562,5	613,6	675,0	1125,0	1227,3	1350,0
140	583,3	636,4	700,0	1166,7	1272,7	1400,0
145	604,2	659,1	725,0	1208,3	1318,2	1450,0
150	625,0	681,8	750,0	1250,0	1363,6	1500,0
155	645,8	704,5	775,0	1291,7	1409,1	1550,0
160	666,7	727,3	800,0	1333,3	1454,5	1600,0
165	687,5	750,0	825,0	1375,0	1500,0	1650,0
170	708,3	772,7	850,0	1416,7	1545,5	1700,0
175	729,2	795,5	875,0	1458,3	1590,0	1750,0



6-37

Напряжение кВт@0,8P.F	240	220	200	120	110	100
180	750,0	818,2	900,0	1500,0	1636,4	1800,0
185	770,8	840,9	925,0	1541,7	1681,8	1850,0
190	791,7	863,6	950,0	1583,3	1727,3	1900,0
195	812,5	886,4	975,0	1625,0	1772,7	1950,0
200	833,3	909,1	1000,0	1666,7	1818,2	2000,0
205	854,2	931,8	1025,0	1708,3	1863,6	2050,0
210	875,0	954,5	1050,0	1750,0	1909,1	2100,0
215	895,8	977,3	1075,0	1791,7	1954,5	2150,0
220	916,7	1000,0	1100,0	1833,3	2000,0	2200,0
225	937,5	1022,7	1125,0	1875,0	2045,5	2250,0
230	958,3	1045,5	1150,0	1916,7	2090,0	2300,0
235	979,2	1068,2	1175,0	1958,3	2136,4	2350,0
240	1000,0	1090,9	1200,0	2000,0	2181,8	2400,0
245	1020,8	1113,6	1225,0	2041,7	2227,3	2450,0
250	1041,7	1136,4	1250,0	2083,3	2272,7	2500,0

6-38

ЕВРОПЕЙСКИЕ И МЕЖДУНАРОДНЫЕ ОРГАНЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

СТРАНА	СЕРТИФИЦИРУЮЩАЯ/ ЛИЦЕНЗИРУЮЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ	СОКРАЩЕННОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ
	Европейский комитет по стандартизации электротехники	CENELEC
	Международная комиссия по электротехнике	IEC
	Международная организация стандартов	ISO

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ОРГАНЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

СТРАНА	СЕРТИФИЦИРУЮЩАЯ/ ЛИЦЕНЗИРУЮЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ	СОКРАЩЕННОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ
НИДЕРЛАНДЫ	NAOMLOZE VENNOOTSCHAP TOT KEURING VAN ELECTROTECHNISCHE MATERIALEN	KEMA
НОРВЕГИЯ	NORGES ELECTRISKE MATERIELLKONTROLL	NEMKO
ИСПАНИЯ	ASOCIACION ELECTROTECHNICA Y ELECTRONICA ESPANOLA	AEE
ШВЕЦИЯ	SVENAKA ELECKTRISKA MATERIELKONTROLL- ANSTALTEN AB	SEMKO
ШВЕЙЦАРИЯ	SCHWEIZERISCHER ELECTRO-TECHNISHER VEREIN	SEV
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ	BSI CERTIFICATION AND ASSESMENT SERVICE	BSI
АВСТРИЯ	OESTERREICHISCHER VERBAND FUR ELEKTROTECKNIK	OVE
БЕЛЬГИЯ	COMITE ELECTROTECHNIQUE BELGE	CEB
ДАНИЯ	DANMARKS ELECKTRISKE MATERIEL- KONTROL	DEMKO

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ОРГАНЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

СТРАНА	СЕРТИФИЦИРУЮЩАЯ/ ЛИЦЕНЗИРУЮЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ	СОКРАЩЕННОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ
ФИНЛЯНДИЯ	ELETRICAL INSPECTORATE	SETI
ФРАНЦИЯ	UNION TECHNIQUE DE L'ELECTRICITE	UTE
ГЕРМАНИЯ	VDE-PRUFSTELLE VERBAND DEUTSCHER ELEKTROTECHNIKER	VDE
ГРЕЦИЯ	HELLENIC ORGANISATION FOR STANDARDISATION	ELOT
ИРЛАНДИЯ	NATIONAL STANDARDS AUTHORITY OF IRELAND	NSAI
ИТАЛИЯ	ISTITUTO ITALIANO DEL MARCHIO DI QUALITA	IEQ
США	UNDERWRITERS LABOROTORIES	UL
КАНАДА	CANADIAN STANDARDS AUTHORITES	CSA

АГЕНТСТВА ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ МОРСКИХ СУДОВ

Сертифик./ лицензирующая организация	Сокращенное обозначение	Страна
AMERICAN BUREAU OF SHIPPING	ABS	Нью-Йорк, США
BUREAU VERITAS	BV	Париж, Франция
CANADIAN COASTGUARD STEAMSHIP SAFETY BUREAU	CAN	Оттава, Канада
DET NORSKE VERITAS	DNV	Осло, Норвегия
GERMANISHER LLOYD	GL	Гамбург, Германия
JAPAN CRAFT INSPECTION	JCI	Токио, Япония
KOREAN REGISTER OF SHIPPING	KR	Сеул, Корея
LLOYD REGISTER	LR	Лондон, Великобритания
NIPPON KAIJI KYOKAI	NKK	Токио, Япония
PEOPLE REPUBLIC OF CHINA	ZC	Бейджинь, Китай
REGISTRO ITALIANO NAVALE	RINA	Генуя, Италия

6-41

СТАНДАРТНЫЕ ГАБАРИТЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ ПОД НАЛИВ ТОПЛИВА

ОБЪЕМ	ДИАМЕТР	ДЛИНА
500 галлонов	4 фута 6 дюймов	5 футов 9 дюймов
2272 литра	1372 мм	1753 мм
1000 галлонов	4 фута 6 дюймов	11 футов 0 дюймов
4546 литров	1372 мм	3353 мм
2000 галлонов	6 футов 6 дюймов	10 футов 9 дюймов
9092 литра	1981 мм	3277 мм
3000 галлонов	7 футов 0 дюймов	13 футов 6 дюймов
13638 литров	2134 мм	4115 мм
4000 галлонов	8 футов 0 дюймов	14 футов 0 дюймов
18184 литра	2438 мм	4267 мм
5000 галлонов	7 футов 6 дюймов	19 футов 6 дюймов
22730 литров	2286 мм	5944 мм
6000 галлонов	9 футов 0 дюймов	16 футов 6 дюймов
27276 литров	2744 мм	5029 мм

6-42

ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ В СТРАНАХ МИРА

СТРАНА	ЧАСТОТА (герц)	УРОВЕНЬ НАПРЯЖЕНИЯ В ИСТОЧНИКЕ ПИТАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ СЕТИ
Абу Даби (ОАЭ)	50	415/ 250
Афганистан	50; 60	380/ 220; 220
Алжир	50	10 кВ; 5,5 кВ; 380/ 220; 220/ 127
Ангола	50	380/ 220; 220
Антигуа	60	400/ 230; 230
Аргентина	50	13,2 кВ 6,88 кВ; 390/ 225 339/ 220; 220
Австралия	50	22 кВ; 11 кВ; 6,6 кВ; 440/ 250; 415/ 240; 240
Австрия	50	20 кВ; 10 кВ; 5 кВ; 380/ 220; 220
Багамские острова	60	415/ 240; 240/ 120; 208/ 120; 120
Бахрейн	50; 60	11 кВ; 400/ 230; 380/ 220; 230; 220/ 110
Бангладеш	50	11 кВ; 400/ 230; 230
Барбадос	50	11 кВ; 3,3 кВ; 230/ 115; 200/ 115
Бельгия	50	15 кВ; 6 кВ; 380/ 220; 220/ 127; 220
Белиз	60	440/ 220; 220/ 110
Бермудские острова	60	4,16/ 2,4 кВ; 240/ 120; 208/ 120
Ботсвана	50	380/ 220; 220
Бразилия	50; 60	13,8 кВ; 11,2 кВ; 380/ 220; 220/ 127
Бруней	50	415/ 230
Болгария	50	20 кВ; 15 кВ; 380/ 220; 220
Боливия	50; 60	230/ 115; 400/ 230/ 220/110
Бирма	50	11 кВ; 6,6 кВ; 400/ 230; 230
Бурунди		
Камбоджа (Кхмерская республика)	50	380/ 220; 208/ 120; 120

6-43

СТРАНА	ЧАСТОТА (герц)	УРОВЕНЬ НАПРЯЖЕНИЯ В ИСТОЧНИКЕ ПИТАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ СЕТИ
Камерун	50	15 kV; 320/ 220; 220
Канада	60	12,5/ 7,2 kV; 600/ 347; 240/ 120; 208/ 120; 600; 480; 240
Канарские острова	50	380/ 220; 230
Острова Кейп Верди	50	380/ 220; 127/ 220
	60	480/ 240; 480/ 227; 240/ 120; 208/ 120
Центральная Африканская республика	50	380/ 220
Чад	50	380/ 220; 220
Чили	50	380/ 220; 220
Острова Рождества		
Колумбия	60	13,2 kV; 240/ 120; 120
Коста-Рика	60	240/ 120; 120
Куба	60	440/ 220; 220/ 110
Кипр	50	11 kV: 415/ 240; 240
Чехословакия	50	22 kV: 15 kV; 6 kV 3 kV: 380/ 220; 220
	50	15 kV: 380/ 220; 220
Дания	50	30 kV: 10 kV; 380/ 220; 220
Доминика (Зондские острова)	50	400/ 230
Доминиканская Республика	60	220/ 110; 110
Дубай (Объединенные Арабские Эмираты)	50	6,6 kV: 330/ 220 220
Эквадор	60	240/ 120; 208/ 120; 220/ 127; 220/ 110
Египет (Объединенная Арабская Республика)	50	11 kV: 6,6 kV; 380/ 220; 220
Республика Ирландия	50	10 kV: 380/ 220; 220
Сальвадор	60	14,4 kV: 2,4 kV; 240/ 120
Эфиопия	50	380/ 220; 220
Ферерские острова (Дания)	50	380/ 220
Фолклендские острова (Великобритания)	50	415/ 230; 230
Фиджи	50	11 kV; 415/ 240; 240
Финляндия	50	660/ 380; 500; 380/ 220; 220
Франция	50	20 kV; 15 kV; 380/ 220; 380 220; 127

6-44

СТРАНА	ЧАСТОТА (герц)	УРОВЕНЬ НАПРЯЖЕНИЯ В ИСТОЧНИКЕ ПИТАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ СЕТИ
Французская Гвиана	50	380/ 220
Французская Полинезия	60	220; 100
Габон	50	380/ 220
Гамбия	50	400/ 230; 230
Германия (ГДР)	50	10 kV; 6 kV; 660/ 380; 380/220; 220/ 127; 220; 127
Германия (ФРГ)	50	20 kV; 10 kV; 6 kV; 380/ 220; 220
Гана	50	440/ 250; 250
Гибралтар	50	415/ 240
Греция	50	22 kV; 20 kV; 15 kV; 6,6 kV; 380/ 220
Гренландия	50	380/ 220
Гренада (Наветренные острова)	50	400/ 230; 230
Гваделупа	50; 60	20 kV; 380/ 220; 220
Гуам (Марианские острова)	60	13,8 kV; 4 kV; 480/ 277; 480; 240/ 120; 207/ 120
Гватемала	60	13,8 kV; 240/ 120
Гайана	50	220/ 110
Гаити	60	380/ 220; 230/ 115 230; 220; 115
Гондурас	60	220/ 110; 110
Гонконг (и Коулунь)	50	11 kV; 346/ 200 200
Венгрия	50	20 kV; 10 kV; 380/ 220; 220
Исландия	50	380/ 220; 220
Индия	50; 25	22 kV; 11 kV 440/ 250; 400/ 230 460/ 230; 230
Индонезия	50	380/ 220; 220/ 127
Иран	50	20 kV; 11 kV; 400/ 231; 380/ 220; 220
Ирак	50	11 kV; 380/ 220; 220
Израиль	50	22 kV; 12,6 kV; 6,3 kV; 400/ 230; 230

6-45

СТРАНА	ЧАСТОТА (герц)	УРОВЕНЬ НАПРЯЖЕНИЯ В ИСТОЧНИКЕ ПИТАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ СЕТИ
Италия	50	20 kV; 15 kV; 10 kV; 380/ 220; 220/ 127; 220
Берег Слоновой Кости	50	380/ 220; 220
Ямайка	50	4/ 2,3 kV; 220/ 110
Япония	50; 60	6,6; 200/ 100 22 kV; 6,6 kV; 210/ 105; 200/ 100; 100
Иордания	50	380/ 220; 220
Кения	50	415/ 240; 240
Корейская Республика (Южная)	60	200/ 100; 100
Кувейт	50	415/ 240; 240
Лаос	50	380/ 220
Ливан	50	380/ 220; 190/ 110; 220; 110
Лесото	50	380/ 220; 220
Либерия	60	12,5/ 7,2 kV; 416/ 240; 240/ 120; 208/ 120
Ливийская Арабская Республика	50	400/ 230; 220/ 127; 230; 127
Люксембург	50	20 kV; 15 kV; 380/ 220; 220
Макао	50	380/ 220; 220/ 110
Малагасийская республика (Мадагаскар)	50	5 kV; 380/ 220; 220/ 127
Малави	50	400/ 230; 230
Малайзия (Западная)	50	415/ 240; 240
Мали	50	380/ 220; 220/ 127; 220; 127
Мальта	50	415/ 240
Манила	60	20 kV; 6,24 kV; 3,6 kV; 240/ 120
Мартиника	50	220/ 127; 127
Мавритания		
Маврикий	50	400/ 230; 230
Мексика	60	13,8 kV; 13,2 kV; 480/ 277; 220/ 127; 220/ 120
Монако	50	380/ 220; 220/ 127; 220; 127
Монсеррат	60	400/ 230; 230
Марокко	50	380/ 220; 220/ 127

6-46

СТРАНА	ЧАСТОТА (герц)	УРОВЕНЬ НАПРЯЖЕНИЯ В ИСТОЧНИКЕ ПИТАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ СЕТИ
Мозамбик	50	380/ 220
Мускат и Оман	50	415/ 240; 240
Наура	50	415/ 240
Непал	50	11 kV; 400/ 220; 220
Нидерланды	50	10 kV; 3 kV; 380/ 220; 220
Голандские Антильские острова	50; 60	380/ 220; 230/ 115; 220/ 127; 208/ 120
Новая Шотландия	50	220
Новая Зеландия	50	11 kV; 415/ 240; 400/ 230; 440; 240; 230
Никарагуа	60	13,2 kV; 7,6 kV; 240/ 120
Нигер	50	380/ 220; 220
Нигерия	50	15 kV; 11 kV; 400/ 230; 380/ 220; 230; 220
Норвегия	50	20 kV; 10 kV; 5 kV; 380/ 220; 230
Пакистан	50	400/ 230; 230
Панама	60	12 kV; 480/ 227; 240/ 120; 208/ 120
Папуа - Новая Гвинея	50	22 kV; 11 kV; 415/ 240; 240
Парагвай	50	440/ 220; 380/ 220; 220
Перу	60	10 kV; 6 kV; 225
Филиппины	60	13,8 kV; 4,16 kV; 2,4 kV; 220/ 110
Польша	50	15 kV; 5 kV; 380/ 220; 220
Португалия	50	15 kV; 5 kV; 380/ 220; 220
Португальская Гвинея	50	380/ 220
Пуэрто-Рико	60	8,32 kV; 4,16 kV; 480; 240/ 120
Катар	50	415/ 240; 240
Остров Реюньон	50	110/ 220
Румыния	50	20 kV; 10 kV; 6 kV; 380/ 220; 220
Руанда	50	15 kV; 6,6 kV; 380/ 220; 220
Саба	50	415/ 240; 240
Восточная Малайзия	50	415/ 240; 240

6-47

СТРАНА	ЧАСТОТА (герц)	УРОВЕНЬ НАПРЯЖЕНИЯ В ИСТОЧНИКЕ ПИТАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ СЕТИ
Саудовская Аравия	60	380/ 220; 220/ 127; 127
Сенегал	50	220/ 127; 127
Сейшельские Острова	50	415/ 240
Сьерра-Леоне	50	11 kV; 400/ 230; 230
Сингапур	50	22 kV; 6,6 kV; 400/ 230; 230
Республика Сомали	50	440/ 220; 220/ 110 230: 230; 110
Южная Африка	50; 25	11 kV; 6,6 kV; 3,3 kV; 433/ 250; 400/ 230; 380/ 220; 500; 220
Южный Йемен (Аден)	50	400/ 230
Испания	50	15 kV; 11 kV; 380/ 220; 220/ 127; 220; 127
Испанская Сахара	50	380/ 220; 110; 127
Шри-Ланка (Цейлон)	50	11 kV; 400/ 230; 230
Остров Святой Елены	50	11 kV; 415/ 240
	50	400/ 230; 230
Остров Святой Луции	50	11 kV; 415/ 240; 240
Судан	50	415/ 240; 240
Суринам	50; 60	230/ 115; 220/ 127; 220/ 110; 127; 115
Свазиленд	50	11 kV; 400/ 230; 230
Швеция	50	20 kV; 10 kV; 6 kV 380/ 220; 220
Швейцария	50	16 kV; 11 kV; 6 kV 380/ 220; 220
Сирийская Арабская Республика	50	380/ 220; 200/ 115; 220; 115
Тайвань (Республика Китай)	60	22,8 kV; 11,4 kV 380/ 220; 220/ 110
Танзания (Объединенная Республика)	50	11 kV; 400/ 230
Таиланд	50	380/ 220; 220
Того	50	20 kV; 5,5 kV; 380/ 220; 220
Тонга	50	11 kV; 6,6 kV; 415/ 240; 240; 210 230/ 115
Тунис	50	15 kV; 10 kV; 380/ 220; 220

6-48

СТРАНА	ЧАСТОТА (герц)	УРОВЕНЬ НАПРЯЖЕНИЯ В ИСТОЧНИКЕ ПИТАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ СЕТИ
Турция	50	15 kV; 6,3 kV; 380/ 220; 220
Уганда	50	11 kV; 415/ 240 240
Великобритания	50	22 kV; 11 kV; 6,6 kV; 3,3 kV; 415/ 240; 400/ 230; 380/ 220; 240; 230. 230
Верхняя Вольта	50	380/ 220; 220
Уругвай	50	15 kV; 6 kV; 220
США	60	480/ 277; 208/ 120; 240/ 120
СССР	50	380/ 230; 220/ 127 и высокое напряжение
Венесуэла	60	13,8 kV; 12,47 kV; 4,8 kV; 4,16 kV; 2,4 kV; 240/ 120; 208/ 120
Вьетнам (Республика)	50	15 kV; 380/ 220; 208/ 120; 220; 120
Виргинские острова (Великобритания)	60	208; 120
Виргинские острова (США)	60	110/ 220
Западное Самоа	50	415/ 240
Демократический Йемен	50	440/ 250; 250
Югославия	50	10 kV; 6,6 kV; 380/ 220; 220
Республика Заир	50	380/ 220; 220
Замбия	50	400/ 230; 230
Зимбабве	50	11 kV; 390/ 225; 225

6-49

Условные обозначения, используемые в электрических и электронных схемах










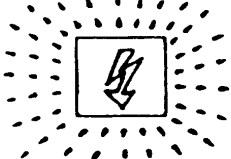

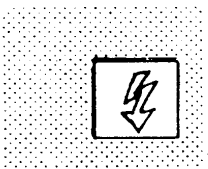

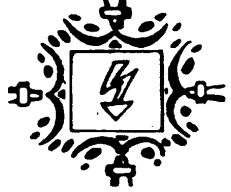


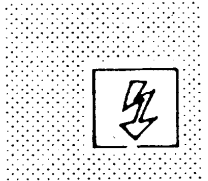

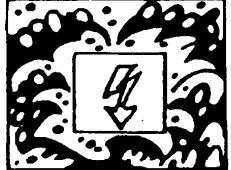
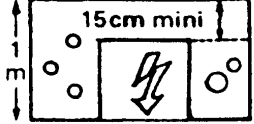

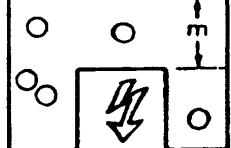

	ПОСТОЯННЫЙ СЕКЦИОННЫЙ РЕЗИСТОР		ВОЛЬТМЕТР		СЕЛЕКТОР- НЫЙ ПЕРЕ- КЛЮЧАТЕЛЬ		ЭЛЕКТРО- ЛИТИЧЕСКИЙ КОНДЕНСАТОР
	РЕОСТАТ		ДАТЧИК ЧАСТОТЫ		КОМБИНИРОВА- НЫЙ ПЕРЕКЛЮ- ЧАТЕЛЬ ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ		КОНДЕН- САТОР
	ТЕРМОРЕЛЕ		ЗАРЯДНЫЙ ГЕНЕРАТОР		ПЕРЕКЛЮЧАТ. КОНТАКТ РЕЛЕ		РЕЛЕ
	ГАСИТЕЛЬ ИСКРЫ		ПУСКОВОЙ ГЕНЕРАТОР		ОБЫЧНО- ЗАМКНУТЫЙ КОНТАКТ РЕЛЕ		ПЕРЕКРЫВА- ЮЩИЙ КОНТАКТ РЕЛЕ
	полный период выпрямителя		транс- форматор напряжения		НОРМАЛЬНО РАЗОМКНУТЫЙ КОНТАКТ РЕЛЕ		АККУМУЛЯТОР
	ТРАНС- ФОРМАТОР ТОКА		СОЛЕНОИД И ОБМОТКА КОНТАКТА		КОНТАКТ РАБОТЫ В ТЯЖЕЛОМ РЕЖИМЕ		НОРМАЛЬНО РАЗОМКНУТАЯ КНОПКА
	НАГРЕВАТЕЛЬ АЛЬТЕРНАТ. ОБОЗНАЧЕНИЕ		4-х ПОЗИЦИ- ОННЫЙ ПЕРЕ- КЛЮЧАТЕЛЬ		ЗАЗЕМЛЕНИЕ НА РАМУ		НОРМАЛЬНО ЗАМКНУТАЯ КНОПКА
	МЕТРИЧЕС- КИЙ ШУНТ		2-х ПОЗИЦИ- ОННЫЙ ПЕРЕ- КЛЮЧАТЕЛЬ		МАГНИТНАЯ ПЕРЕ- ГРУЗКА		ЛАМПА ИНДИКАТОР- НАЯ
	ТРАНЗИСТОР		СЕЛЕКТОР- НЫЙ ПЕРЕ- КЛЮЧАТЕЛЬ		ТАЙМЕР ЗАПАЗДЫВАНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ		НЕОНОВЫЙ ИНДИКАТОР
	АМПЕРМЕТР		ЗВУКОВОЙ СИГНАЛ		ТАЙМЕР ЗАПАЗДЫВАНИЯ СНЯТИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ		ПЕРЕ- КЛЮЧАТЕЛЬ ВРЕМЕНИ



	ДИОД (КОНЕЦ ПРОВОДА)		НЕЙТРАЛЬНАЯ ПЕРЕМЫЧКА		ОГРАНИЧИ- ВАЮЩИЙ РЕЗИСТОР		ДАТЧИК КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ
	ДИОД (УСТАНОВЛЕН НА ТЕПЛОВУЮ НАГРУЗКУ)		ЗАРЯД ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА		ФЛЮОРЕС- ЦЕНТНАЯ ЛАМПА		ВАТТМЕТР
	НОРМАЛЬНО ЗАМКНУТЫЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ СКОРОСТИ, ДАВЛЕНИЯ ИЛИ ТЕМПЕРАТУРЫ		ДВИГАТЕЛЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА		РОЗЕТКИ И ВИЛКИ		СИНХРОНО- СКОП
	НОРМАЛЬНО РАЗОМКНУТЫЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ СКОРОСТИ, ДАВЛЕНИЯ ИЛИ ТЕМПЕРАТУРЫ		ТЕРМО- РЕЗИСТОР		ЗЕМЛЯ		РАЗМЫКАТЕЛЬ ЦЕПИ
	АМПЕРМЕТР		СТАБИСТОР		ЛАМПА ТРАНС- ФОРМАТОРА		ДАТЧИК КВАТТ/ЧАС
	РЕГУЛЯТОР ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРА ОТКЛЮЧЕН		ПЕРЕ- КЛЮЧАТЕЛЬ ВКЛ - ОТКЛ		АЛЬТЕР- НАТИВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ		ПЕРЕКЛЮ- ЧАТЕЛЬ С ЗАМКОМ
	ПЛАВКИЙ ПРЕДОХРА- НИТЕЛЬ		ТЕПЛОВАЯ ПЕРЕГРУЗКА				

НОМИНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ КОРПУСОВ

Система номинальных параметров IP дает способ классификации степени защиты от пыли, износа и воздействия, оказываемого электрическим оборудованием и корпусами. Эта система признана в большинстве европейских стран и изложена в стандарте BSEN 60529, 1992 г. «Степени защиты, предоставляемые корпусами».

Первый класс Защита от твердых предметов			Второй класс Защита от жидкостей		
IP	TESTS		IP	TESTS	
0		no protection	0		no protection
1		protected against solid objects over 50mm, eg. accidental touch by hands	1		protected against vertically falling drops of water.
2		protected against solid objects over 12mm, eg. fingers.	2		protected against direct sprays of water up to 15° from the vertical.
3		protected against solid objects over 2.5mm (tools + wires)	3		protected against sprays to 60° from the vertical.
4		protected against solid objects over 1mm (tools, wires + small wires).	4		 protected against water sprayed from all directions – limited ingress permitted.
5		 protected against dust – limited ingress (no harmful deposit).	5		  protected against low pressure jets of water from all directions – limited ingress permitted.
6		 totally protected against dust.	6		protected against strong jets of water, eg. for use on shipdecks – limited ingress permitted.
			7		 protected against the effects of temporary immersion between 15cm and 1m. Duration of test 30 minutes.
			8		 ... m protected against long periods of immersion under pressure.

Первый класс Защита от твердых предметов	Второй класс Защита от жидкостей
Испытания	Испытания
0 - Нет защиты	0 - Нет защиты
1 – Защита от твердых предметов более 50 мм и случайного касания рукой	1 – защита от вертикально падающих капель воды
2 – защита от твердых предметов более 12 мм, например, пальцев	2 – защита от прямых струй воды под углом до 15° от вертикали
3 – защита от твердых предметов более 2,5 мм (инструменты, провода)	3 – защита от струй под углом до 60° от вертикали
4 – защита от твердых предметов более 1 мм (инструменты, провода и небольшие провода)	4 – защита от водяных струй во всех направлениях, разрешен ограниченный доступ внутрь
5 – защита от пыли, ограниченный доступ внутрь (отсутствие вредных отложений)	5 – защита от водяных струй под низким давлением во всех направлениях, разрешен ограниченный доступ
6 – полная защита от пыли	6 – защита от сильных струй воды, например, для использования на палубах судов; разрешен ограниченный доступ внутрь 7 – защита от воздействия временного погружения от 15 см до 1 м. Длительность испытания 30 минут. 8 - м защита от длительных периодов погружения под давлением.