

# Электрораспределение

## Общие указания

При разработке шинных систем Rittal и их компонентов компания Rittal ориентируется на современный уровень техники и соответствующие действующие нормы и предписания. Созданная продукция применяется по всему миру на специализированных предприятиях. Наряду с постоянным собственным контролем в компании Rittal качество компонентов электрораспределения подтверждают многочисленные испытания и апробации.

Поскольку разработка продукции представляет собой непрерывный процесс, возможны изменения в связи с техническим прогрессом.

## Применение

Во избежание причинения вреда персоналу и оборудованию к монтажу и эксплуатации систем шинных систем допускаются исключительно персонал с соответствующей квалификацией, прошедший соответствующий инструктаж. Необходимо соблюдать действующие технические предписания, нормы и определения. Пользователь обязан уделять особое внимание технической информации и инструкциям, предоставляемым Rittal и передавать их конечному пользователю либо покупателю в качестве важнейших документов. Прежде всего, необходимо соблюдать указанные моменты затяжки электрических клеммных соединений для оптимального контактного давления. После транспортировки необходимо проконтролировать и при необходимости затянуть соединения.

Предохранители NH предназначены для использования исключительно электриками и технически обученным персоналом.

При включении устройств NH необходимо учитывать следующие предписания и указания:

- Указания согласно VDE 0105 – 100
- При включении проверить правильность положения крышки
- При неполностью открытой крышке, в зависимости от положения подвода, предохранители могут быть под напряжением
- Включать следует быстро

## Технические данные, данные каталога и условия эксплуатации

Компоненты электрораспределения применяются в сочетании с различными коммутационными приборами, узлами и иными активными компонентами. Эти узлы и компоненты требуют различных условий эксплуатации и окружающей среды, которые, с одной стороны, не входят в компетенцию компании Rittal, а с другой стороны, должны быть учтены производителем оборудования для обеспечения надежной функциональности.

Если не указано иное, основной компонент электрораспределения Rittal на рынке МЭК является стандарт DIN EN 61 439-1/ DIN EN 61 439-2 и указанные в нем условия окружающей среды и внутренней установки, со степенью загрязнения 3 и категорией перенапряжения IV. При температуре внутри шкафа > 35°C при необходимости предусматривается снижение номинальных параметров в зависимости от условий применения.

По отношению к указанному в DIN 61 439-1 (таблица 6) значениям предельного превышения температуры, производителям установок необходимо критически отнестись к следующим факторам:

- Расположение компонентов при учете термических взаимодействий в общей конструкции
- Тепловыделение используемых силовых выключателей и предохранителей
- Активная/пассивная вентиляция

- Требуемые сечения проводов согласно нормам или указаниям производителей
- Режим работы установки (коммутационные циклы и т.д.)
- Соблюдение условий эксплуатации и окружающей среды
- Соблюдение номинального коэффициента нагрузки (RDF)
- Соблюдение коэффициента нагрузки

Помимо этого следует учитывать, что стандартным положением установки шинных систем является горизонтальное, вследствие чего приборы устанавливаются в вертикальном положении. По завершению монтажа необходимо проверить минимальные пути утечки и воздушные зазоры согласно DIN EN 60 664-1.

Компоненты не должны подвергаться прямому воздействию химических веществ или воздуха с чрезмерным содержанием химических веществ во время транспортировки, хранения и эксплуатации, так как это может привести к контактной коррозии и другим негативным последствиям.

Данные по моментам затяжки являются максимальными значениями с допуском  $\pm 10\%$ .

Производители оборудования, работающие на рынках UL, должны соблюдать требования нормы UL 508A. В первую очередь необходимо учитывать необходимые пути утечки и воздушные зазоры.

### Глоссарий часто используемых стандартов и директив для шинных систем и компонентов

- **DIN EN 13 601**  
Медь и медные сплавы – прутки и проволока из меди для общего применения в электротехнике
- **DIN EN 60 269-1**  
Низковольтные предохранители  
Часть 1: Общие требования
- **DIN EN 60 715/МЭК 60 715**  
Аппаратура распределения и управления низковольтная. Установка и крепление на рейках электрических аппаратов в низковольтных комплектных устройствах распределения и управления
- **DIN EN 60 439-1/МЭК 61 439-1**  
Устройства низковольтные комплектные распределения и управления  
Часть 1: Общие требования  
Замена DIN EN 60 439-1
- **DIN EN 60 439-2/МЭК 61 439-2**  
Устройства низковольтные комплектные распределения и управления  
Часть 2: Силовые комплектные устройства распределения и управления  
Замена DIN EN 60 439-1
- **DIN EN 60 439-3/МЭК 61 439-3**  
Устройства низковольтные комплектные распределения и управления  
Часть 3: Устройства, предназначенные для эксплуатации в местах, доступных неквалифицированному персоналу
- **DIN EN 60 947-1/МЭК 60 947-1**  
Низковольтная аппаратура распределения и управления  
Часть 1: Общие требования
- **DIN EN 60 947-3/МЭК 60 947-3**  
Низковольтная аппаратура распределения и управления  
Часть 3: Выключатели, разъединители, выключатели-разъединители и комбинации с предохранителями
- **DIN EN 60 664-1/МЭК 60 664-1**  
Указания по изоляции электрооборудования в низковольтных распределительных устройствах  
Часть 1: Принципы, требования и испытания
- **DIN EN 60 999-1/МЭК 60 999-1**  
Соединительный материал – электрические медные провода – требования безопасности для соединений с винтовыми зажимами и невинтовых клеммных соединений  
Общие и особые требования для клеммных соединений для проводов сечением от 0,2 мм<sup>2</sup> до 35 мм<sup>2</sup> включительно
- **DIN EN 60 999-2/МЭК 60 999-2**  
Соединительный материал – электрические медные провода – требования безопасности для соединений с винтовыми зажимами и невинтовых клеммных соединений  
Часть 2: Особые требования для клеммных соединений для проводов сечением от 35 мм<sup>2</sup> до 300 мм<sup>2</sup> включительно
- **DIN 43 671**  
Токовые шины из меди, измерение для длительного тока
- **DIN 49 440-1**  
Отверстия и резьбовые соединения токовых шин, токовые шины прямоугольного сечения
- **2006/42/EG**  
Директива по машинам
- **2006/95/EG**  
Директива по низковольтному оборудованию
- **UL 248**  
Low-Voltage Fuses
- **UL 4248-1**  
Fuseholders Part 1: General Requirements
- **UL 486 E**  
Equipment Wiring Terminals for use with Aluminium and/or Copper Conductors
- **UL 489**  
Molded-Case Circuit breakers, Molded-Case Switch and Circuit-Breaker Enclosures
- **UL 508**  
Industrial Control Equipment
- **UL 508A**  
Industrial Control Panels
- **UL 512**  
Fuseholders
- **UL 845**  
Motor Control Centers
- **UL 891**  
Switchboards

### Низковольтные комплектные устройства Ri4Power с проверкой конструкции

Типы панелей НКУ Ri4Power проходят проверку конструкции согл. DIN EN 61 439-1 и DIN EN 61 439-2. Если проектирование и реализация происходят в соответствии со спецификацией и руководством по монтажу систем Ri4Power, то комбинация панелей низковольтного комплектного устройства проходит проверку конструкции согл. DIN EN 61 439-1 и DIN EN 61 439-2.

Типовые испытания систем Ri4Power были проведены с использованием коммутационного оборудования производства

- ABB
- Eaton
- GE
- Jean Müller
- Mitsubishi
- Schneider Electric
- Siemens
- Terasaki

и компонентов RiLine производства Rittal. В отличие от не прошедших типовое испытание распределительных устройств, предписания по выбору компонентов и распределительных устройств привязаны к прошедшим испытание типам. При проектировании силовых выключателей необходимо учитывать возможный коэффициент понижения для использования при повышенных температурах внутри распределительного шкафа.

Перед проектированием и конструированием прошедших типовое испытание НКУ следует согласовать технические параметры прошедших типовое испытание комплексов распределительных устройств между пользователем и производителем. Для создания протестированных установок Ri4Power рекомендуется программное обеспечение Rittal Power Engineering. Оно содержит все необходимые технические параметры и приведет пользователя к желаемому результату.

Проверка конструкции распределительных устройств подтверждает комбинацию, состоящую из распределительного шкафа, шинной системы и коммутационного оборудования, как функционирующее устройство и подтверждает соблюдение всех технических предельных параметров.

При этом технические характеристики распределительных устройств с проверкой конструкции могут отступать от испытанных параметров отдельных компонентов, т. к. эти компоненты часто попадают под другие условия проведения испытаний.

Данные по шинным системам в прошедшем типовом испытании распределительном устройстве также могут отличаться от данных стандарта DIN 43 671, т. к. при проведении типового испытания, помимо корпуса и шинной системы, было учтено и выделяющее тепло коммутационное оборудование. По этой причине для распределительных устройств с проверкой конструкции решающую роль играют технические данные системы, указанные на страницах с 2-106, страница с 1 по 7. При комбинировании типов панелей с различными номинальными характеристиками необходимо учитывать, что самые низкие параметры главной шинной системы и общая степень защиты корпуса являются номинальными параметрами для всего распределительного устройства.

### Низковольтные комплектные устройства Ri4Power без проверки конструкции

Компоненты Ri4Power могут быть использованы и вне распределительных устройств с проверкой конструкции. Однако при этом необходимо учитывать

технические данные продукции, а также данные по стойкости к короткому замыканию и номинальные характеристики шинной системы.

### Для надлежащего планирования и проектирования

Принципиально необходимо проектировать низковольтные распределительные установки таким образом, чтобы они соответствовали производственным условиям места конечной установки. Для этого пользователь установки должен согласовать с производителем условия эксплуатации и окружающей среды. Как правило пользователь установки или соответствующее проектное бюро сообщает производителю все электрические характеристики питающей сети и отвода для потребителей. Только при наличии этих данных может быть создана технически оптимальная и экономичная установка.

### Важные основные характеристики для планирования и проектирования

- Применяемые предписания или нормы, региональные и международные
- Технические характеристики подключения ответственных снабжающих предприятий.
- Специальные производственные предписания
- Защитные меры в зависимости от питающей сети/структура сети
- Номинальное напряжение и частота
- Номинальный ток при учете количества проводников (питание и токовые шины)
- Номинальное напряжение изоляции
- Ток короткого замыкания в месте установки
- Расположение питающих кабелей, приходящие сверху или снизу
- Количество питающих кабелей и жил с указанием типа и сечения
- Количество отводов с указанием рабочей нагрузки и предусмотренных отводящих кабелей с типом и сечением
- Для отвода необходимо указать коэффициент одновременности и расчетный коэффициент нагрузки для соответствующих потребителей

### Важные условия эксплуатации и окружающей среды

- Номинальное рабочее напряжение  $U_e$
- Частота сети  $f_n$
- Номинальное напряжение изоляции  $U_i$
- Номинальное импульсное напряжение  $U_{Imp}$
- Номинальный ток НКУ  $I_{nA}$
- Номинальный ток питающего контура  $I_{nc}$
- Номинальный коэффициент нагрузки RFD
- Коэффициент одновременности
- Условный номинальный ток короткого замыкания  $I_{cc}$
- Номинальный ток шинной системы  $I_{sas}$
- Номинальная устойчивость к ударному току  $I_{pk}$
- Номинальная устойчивость к кратковременному току  $I_{cw}$
- Температурные условия окружающей среды  $\theta$
- Атмосферная нагрузка на окружающую среду при учете относительной влажности и температуры
- Степень защиты IP всей установки . . .
- Данные согласно DIN EN 60 529
- Класс защиты

### Коэффициент одновременности

согл. DIN EN 61 439-2 таблица 101

Коэффициент одновременности низковольтного распределительного устройства или его части (например, одной панели), который охватывает несколько электрических цепей, является соотношением наибольших сумм всех токов, ожидаемых в любое время в соответствующей главной электрической цепи, с суммой номинальных токов всех электрических цепей распределительного устройства или рассматриваемой части распределительного устройства.

Кол-во силовых цепей	Коэффициент одновременности
2 и 3	0,9
4 и 5	0,8
6 и 9	0,7
10 и более	0,6
Следящий привод	0,2
Двигатели ≤ 100 кВт	0,8
Двигатели ≥ 100 кВт	1,0

### Подключение/соединение проводов

Если в документации Rittal или непосредственно на самом продукте не указано иное, соединения проводников должны использоваться исключительно для прямого подключения медных проводов. Для соединений на базе алюминиевых проводов необходимо специальным образом подготовить провода и регулярно осуществлять техническое обслуживание.

Необходимо соблюдать указанный на продукте или в документации момент затяжки. Согласно действующему стандарту для клеммных соединений DIN EN 60 999-1 и -2, на клемму не должна действовать растягивающая нагрузка. По этой причине, в целях осуществления надлежащего монтажа, необходимо использовать соответствующую разгрузку от натяжения. Указанные в документах Rittal клеммные отверстия обозначают соответствующий абсолютный минимальный/максимальный размер используемого провода. Для использования наконечников жил, имеющих, как известно, различные опрессовочные формы, невозможно определить универсальные параметры, так как они могут не соответствовать размерам клемм или привести к ненадежным электро-механическим соединениям. Необходимо обязательно обратить внимание на то, чтобы силовое воздействие клеммы не повредило опрессовку наконечника жил. Таким образом, для плоско зажимающих клеммных соединений идеально подходит четырехгранная или трапециевидная опрессовка. Для клемм с круглым зажимом соответственно подходит круглая опрессовка. Использование кабелей с четырехгранной или трапециевидной опрессовкой в клеммах с круглым зажимом, особенно при больших сечениях кабеля может привести к недостаточному электро-механическому соединению. Причиной этому является саморазжимающее воздействие, так как при завинчивании клеммы сначала округляются углы наконечника жил, приводя в негодность собственную опрессовку наконечника вокруг кабеля. Конструкция клемм не позволяет создать новую опрессовочную форму для проводов. Такое применение было бы классическим примером недопустимого нагрева, который в самом худшем случае, вследствие ионизации окружающего воздуха, может привести к возникновению электрической дуги и в конечном итоге к разрушению установки.

Обозначения типов проводов согласно DIN EN 60 228:

- re** круглый провод, однопроволочный
- se** секторный провод, однопроволочный
- rm** круглый провод, многопроволочный
- sm** секторный провод, многопроволочный
- f** тонкопроволочный

Для клеммных соединений действует норма UL 486E. Существуют клеммные соединения для внешних проводников и для промышленных проводов. Все клеммные соединения приборных адаптеров и адаптеров подключения Rittal RiLine60 были проверены на соответствие максимальных требований для внешних проводов. Согласно UL 486E провода не должны быть оснащены наконечниками жил. Требования UL к исполнению жил сейчас находятся в доработке.

Обозначения типов проводов согласно UL 486E:

- s** стандартный (многопроволочный)
- sol** сплошной (однопроволочный)

Следующая таблица отображает соотношение сечений AWG и MCM и сечений проводников в мм<sup>2</sup>:

Размер провода	Абсолютное сечение в мм <sup>2</sup>	Следующее стандартное сечение в мм <sup>2</sup>
AWG 16	1,31	1,5
AWG 14	2,08	2,5
AWG 12	3,31	4
AWG 10	5,26	6
AWG 8	8,37	10
AWG 6	13,3	16
AWG 4	21,2	25
AWG 2	33,6	35
AWG 0	53,4	50
AWG 2/0	67,5	70
AWG 3/0	85	95
MCM 250	127	120
MCM 300	152	150
MCM 350	178	185
MCM 500	254	240
MCM 600	304	300

AWG = American Wire Gauges

MCM = Circular Mils (1 MCM = 1000 Circ. Mils = 0,5067 мм<sup>2</sup>)

# Электрораспределение

## Общие указания

### Допустимая нагрузка по току для проводов подключения

Допустимая токовая нагрузка кабелей и проводов зависит от различных факторов. Помимо собственной изоляции, т. е. конструкции кабельной оболочки, решающую роль играют факторы

- Тип прокладки

- Кучность

- Температура окружающей среды

для фактической допустимой токовой нагрузки провода.

При помощи следующих таблиц можно определить допустимую токовую нагрузку для кабелей с сечением от 1,5 до 35 мм<sup>2</sup>, учитывая вышеуказанные факторы.

Допустимая нагрузка по току изолированных при помощи ПВХ проводников при температуре окружающей среды +40°C, способ установки E (DIN EN 60 204-1:1998-11)	
Номинальное сечение мм <sup>2</sup>	Нагрузочная способность А
1,5	16
2,5	22
4	30
6	37
10	52
16	70
25	88
35	114

Коэффициенты пересчета K <sub>2</sub> для допустимой нагрузки проводников (DIN EN 60 204-1:1998-11)	
Температура окружающей среды °C	Коэффициент
30	1,15
35	1,08
40	1,00
45	0,91
50	0,82
55	0,71
60	0,58

Коэффициент понижения при скоплении кабелей/проводов K <sub>1</sub>				
Тип прокладки	Кол-во электрических цепей под нагрузкой			
	2	4	6	9
E	0,88	0,77	0,73	0,72

### Пример постановки задачи расчета:

Для провода 16 мм<sup>2</sup> с изоляцией из ПВХ H07 для подключения к предохранительному элементу D 02-E 18 (SV 3418.010) необходимо определить максимально допустимый ток провода:

Условия окружающей среды и прокладки

- Прокладка проводов в кабельном канале с 6 цепями под нагрузкой
- Температура внутри шкафа 35°C
- Непосредственная температура вокруг проводника в кабельном канале 50°C

$$\begin{aligned} I_{\text{макс}} &= I_{(40^\circ\text{C})} \cdot K_1 \cdot K_2 \\ &= 70 \text{ А} \cdot 0,73 \cdot 0,82 \\ &= 41,9 \text{ А} \end{aligned}$$

### Итог:

При имеющихся условиях окружающей среды нагрузка на провод подключения предохранительного элемента может составлять до 41,9 А. Ввиду дополнительных воздействий, таких как соединение элементов, плохая конвекция воздуха и т. д., это значение может еще снизиться.

### Номинальные токи и токи короткого замыкания аварийных трансформаторов

Номинальное напряжение $U_N = 400 \text{ В}$	400 В		
Напряжение короткого замыкания $U_k$	4 % <sup>1)</sup>		6 % <sup>2)</sup>
Номинальная мощность $S_{NT}$ [кВА]	Номинальный ток $I_N$ [А]	Ток короткого замыкания $I_k^{(3)}$ [кА]	
50	72	1,89	–
63	91	2,48	1,65
100	144	3,93	2,62
125	180	4,92	3,28
160	231	6,29	4,20
200	289	7,87	5,24
250	361	9,83	6,56
315	455	12,39	8,26
400	577	15,73	10,49
500	722	19,67	13,11
630	909	24,78	16,52
800	1155	–	20,98
1000	1443	–	26,22
1250	1804	–	32,78
1600	2309	–	41,95
2000	2887	–	52,44
2500	3608	–	65,55

<sup>1)</sup>  $U_k = 4 \%$  нормировано согласно DIN 42 511 для  $S_{NT} = 50 \dots 630 \text{ кВА}$

<sup>2)</sup>  $U_k = 6 \%$  нормировано согласно DIN 42 511 для  $S_{NT} = 100 \dots 1600 \text{ кВА}$

<sup>3)</sup>  $I_k^{(3)}$  = выходной переменный ток трансформатора при подключении к сети с неограниченной короткозамкнутой линией

### Применение полупроводниковых предохранителей в разъединителях Rittal RiLine NH и держателях предохранителей

Защита от перенапряжения и короткого замыкания полупроводниковых компонентов ставит высокие требования по отношению к плавким вставкам. Поскольку полупроводниковые компоненты обладают малой теплоемкостью, интегральный показатель отключения (значение  $I^2t$ ) полупроводниковых плавких вставок типа aR, gR или gRL должен быть согласован с предельным интегральным показателем. Из этого следует, что характеристика срабатывания вставок предохранителей должна быть очень быстрой, а перенапряжение во время процесса отключения (коммутационное напряжение или напряжение электрической дуги) минимально возможным. В отличие от вставок предохранителей для защиты кабеля и проводов, а также защиты трансформаторов особые свойства полупроводниковых вставок приводят у относительно высокому тепловыделению.

Под тепловыделением понимается выделение тепловой энергии в окружающую среду. Поскольку каждый коммутационный прибор NH способен выделять тепловую энергию в окружающую среду лишь в ограниченной степени, максимальное тепловыделение ( $P_{V, \text{макс.}}$ /плавкая вставка) указывается в технических характеристиках коммутационного оборудования NH. Если значения превышают величину тепловыделения, указанную производителем, номинальный ток необходимо снизить в соответствии с таблицей, приведенной рядом, или увеличить соответствующим образом минимальное сечение проводника подключения для оптимизации теплоотвода.

Эти технические характеристики относятся также и к полупроводниковым предохранителям, которые основаны на стандарте DIN EN/МЭК 60 269-3 и 60 269-4. Эти предохранители соответствуют используемым на рынке предохранителям Neozed и Diazed и могут быть использованы в держателях предохранителей Rittal. Следует обратить внимание на то, что тепловыделение аналогичного предохранителя не превышало значений, указанных в характеристике gL или gG. В отдельных случаях следует учитывать понижающие коэффициенты.

### Тепловыделение плавких вставок в держателях предохранителей

Максимальные значения тепловыделения на плавкую вставку для держателей предохранителей Rittal D 02/D II и D III следует брать из следующей таблицы. Эти значения основываются на DIN VDE 0636-3 или HD 60 269-3 "низковольтные предохранительная часть 3: дополнительные требования при использовании необученным персоналом", таблица 101. Для определения отклонений в тепловыделении необходимо определить понижающие коэффициенты для номинального тока. Это относится, в первую очередь, к применению предохранителей с характеристикой aR или gR (полупроводниковые предохранители), которые в силу конструкции могут давать значительно более высокое тепловыделение.

Номинальный ток $I_n$ А	Максимальное тепловыделение Вт	
	D 01/D 02	D II/D III
2	2,5	3,3
4	1,8	2,3
6	1,8	2,3
10	2,0	2,6
13	2,2	2,8
16	2,5	3,2
20	3,0	3,5
25	3,5	4,5
35	4,0	5,2
50	5,0	6,5
63	5,5	7,0