Методические рекомендации

по выполнению лабораторной работы

по дисциплине Электроснабжение промышленных и гражданских зданий

тема Расчет и выбор защитной аппаратуры напряжением до 1000В

Цель работы: Научить производить расчет и выбор защитных аппаратов напряжением до 1000 В.

Краткие теоретические сведения

В сетях и установках напряжением до 1000В возможны ненормальные режимы работы электроустановок, связанные с незначительным или чрезмерным увеличением тока в цепи:

Перегрузка – режим работы электроустановки, с нагрузкой превышающей номинальную мощность, при котором в электрической цепи возникает ток, превышающий номинальный ток на 5-50%;

Короткое замыкание – преднамеренное или случайное соединение двух точек электрической цепи непосредственно или через малое сопротивление, при котором в электрической цепи возникает значительный ток, превышающий номинальный ток в 10-100 раз.

Для защиты внутрицеховых электрических сетей напряжением до 1000В применяются следующие защитные аппараты:

Предохранитель – коммутационный электрический аппарат, предназначенный для отключения защищаемой цепи посредством плавления и последующего разрушения, специально предусмотренных для этого токоведущих частей (плавкая вставка), под действием проходящего по ним тока, превышающего его калиброванные значения.

Достоинством предохранителей является его дешевизна по сравнению с автоматическими выключателями.

Недостатком предохранителей является не удобство в эксплуатации, так как при перегорании плавкой вставки необходима замена всего предохранителя.

Предохранители применяются в низковольтных комплектных распределительных устройствах типа силовых пунктов (СП-62) и распределительных шкафов (ШР-11) с рубильником и количеством отходящих групп не более 8 комплектуются предохранителями марки НПН-15, НПН-60, ПН-2-100-250-400-600-1000,в вводно-распределительных устройствах с рубильниками на вводе и предохранителями ПН-2 на отходящих линиях (ВРУ, ВРС, ШВ, ВУШ, ВУД), в закрытых распределительных шинопроводах напряжением до 1000 В с рубильниками, блок-предохранителями (ШРА).На подстанциях предохранители применяются в панелях марки ЩО-70 с рубильниками и предохранителями ПН-2 -100-250-400.

Автоматический выключатель - коммутационный электрический аппарат, предназначенный для отключения защищаемой цепи посредством срабатывания расцепителей, под действием проходящего по ним тока, превышающего его стандартные значения и воздействующих на отключающий валик, который отключает автоматический выключатель.

Достоинством автоматических выключателей является удобство в эксплуатации, то есть при срабатывании расцепителей автоматических выключателей не требуется его замена, а лишь повторное включение.

Недостатками автоматических выключателей является значительная дороговизна автоматического выключателя по сравнению с предохранителями (в 10-15 раз)

Автоматические выключатели применяются в низковольтных комплектных

распределительных устройствах типа пунктов распределительных с количеством групп не более 12 с автоматическими выключателями АЕ 2000, ВА, А3700 (СУ9400,ПР-11-24-85); в щитках освещения с количеством групп 6 или 12 групп с автоматическими выключателями АЕ1000, ВА (ОПВ, ОЩВ, УОЩВ); в вводно-распределительных устройствах с автоматическими выключателями А3700 на вводе и автоматическими выключателями АЕ-2000, ВА, А3700 на отходящих линиях (ВРУ, ВРС, ШВ, ВУШ, ВУД); в закрытых распределительных шинопроводах напряжением до 1000В с автоматическими выключателями (ШРА). В комплектных трансформаторных подстанциях (КТП, КТПН) применяются автоматические выключатели марки АВМ, «Электрон», А3700.

Условия выбора защитной аппаратуры

Низковольтные предохранители выбираются по следующим условиям:

- по типу и назначению предохранителя:

Предохранители рекомендуется применять для электроприёмников, имеющие незначительные пусковые токи или малые кратности пускового тока (печи сопротивления, освещение), а также для защиты питающих линий жилых, административных и гражданских зданий.

Предохранители с рубильниками также применяются на подстанциях с потребителями 2 категории в виде защитных аппаратов в панелях ЩО-70.

При выборе токов плавких вставок предохранителей и рубильников, необходимо, соблюдать условия **селективности** (избирательности срабатывания) по номинальным токам рубильников и токам плавких вставок предохранителей:

1. Рекомендуется, чтобы вводные номинальные токи рубильников и токи плавких вставок предохранителей узлов или зданий должны быть больше, чем токи плавких вставок предохранителей наибольшего электроприёмника в узле или наиболее загруженной питающей линии здания.

2. Рекомендуется, чтобы номинальные токи рубильников и токи плавких вставок предохранителей отходящих линий на подстанции, которые защищают данный узел или здание, должны быть больше, чем вводные номинальные токи рубильников и токи плавких вставок предохранителей узла или здания.

3. Рекомендуется, чтобы номинальный ток секционного рубильника на подстанции должен быть больше, чем номинальные токи рубильников и токи плавких вставок предохранителей отходящих линий на подстанции.

4. Рекомендуется, чтобы вводные номинальные токи рубильников и токи вводных плавких вставок предохранителей должны быть больше, чем номинальный ток секционного рубильника.

- по напряжению: $U_{ном} \geq U_{сети}$
- по номинальному току предохранителя: $I_{ном\ пр} \geq I_{ном\ ЭП}$ или $I_{ном\ пр} \geq I_{р\ узл}$
- по току плавкой вставки: $I_{п\ в} \geq I_{ном\ ЭП}$ или $I_{п\ в} \geq I_{р\ узл}$

$I_{п\ в} \geq I_{пуск\ ЭП}/\alpha$ или $I_{п\ в} \geq I_{пик\ узл}/\alpha$

Автоматические выключатели выбираются по следующим условиям:

- по типу автоматического выключателя и назначению:

Автоматические выключатели рекомендуется применять для электроприёмников со значительными пусковыми токами или с большой кратностью пускового тока (кран-балки, лифты, конвейеры и т.д.), а также для защиты питающих линий производственных цехов и зданий.

Автоматические выключатели также применяются в виде защитных аппаратов на подстанциях с потребителями 1 и 2 категории. Причём на подстанциях с потребителями 1 и 2 категории применяются автоматические выключатели серии АВМ, «Электрон», ВА, А3700 с полупроводниковыми расцепителями и блоками МТЗ и регулируемой выдержкой времени в зоне перегрузок и КЗ, и с электромагнитными и электродвигательными приводами в стационарном или выдвижном исполнении шкафах КТП.

При выборе автоматических выключателей, необходимо, соблюдать условия **селективности** (избирательности срабатывания) по токам срабатывания и выдержке времени в зоне перегрузок и КЗ:

1. Рекомендуется, чтобы токи срабатывания вводных автоматических выключателей узлов должны быть больше, чем токи срабатывания автоматических выключателей наибольшего электроприёмника в узле, при этом автоматические выключатели должны быть неселективными (без выдержки времени).

2. Рекомендуется, чтобы токи срабатывания автоматических выключателей отходящей линии на подстанции, которые защищают данный узел, должны быть больше, чем вводной автоматический выключатель узла. При этом автоматические выключатели на подстанции могут быть неселективными (без выдержки времени) для подстанций с потребителями 2 категории или селективными (с выдержкой времени) для подстанций с потребителями 1 категории.

3. Рекомендуется, чтобы ток срабатывания секционного автоматического выключателя на подстанции должен быть больше, чем токи срабатывания автоматических выключателей отходящих линий на подстанции, а также иметь большую выдержку времени. При этом автоматический выключатель на подстанции должен быть селективным (с регулируемой выдержкой времени) для подстанций с потребителями 1 и 2 категории.

4. Рекомендуется, чтобы токи срабатывания вводных автоматических выключателей должны быть больше, чем ток срабатывания секционного автоматического выключателя на подстанции, а также иметь большую выдержку времени. При этом автоматические выключатели на подстанции должны быть только селективными (с регулируемой выдержкой времени) для подстанций с потребителями 1 и 2 категории.

- по напряжению: $U_{ном} \geq U_{сети}$

- по номинальному току автоматического выключателя: $I_{ном\ АВ} \geq I_{ном\ ЭП}$ или $I_{ном\ АВ} \geq I_{р\ узл}$

- по току теплового расцепителя: $I_{т.р.} \geq K_т * I_{ном\ ЭП}$ или $I_{т.р.} \geq K_т * I_{р\ узл}$
- по току электромагнитного расцепителя: $I_{п\ в} \geq K_э * \frac{I_{пуск\ ЭП}}{}$ или $I_{п\ в} \geq K_э * \frac{I_{пик}}{узл}$

Справочные данные

Таблица 1. Расчетные выражения для выбора аппаратов защиты в силовых и осветительных сетях

Аппарат защиты	Расчетные формулы			
	Силовые сети		Осветительные сети	
	линии к одиночным ЭП	линии к группам ЭП	лампы накаливания и люминесцентные лампы	лампы ДРЛ, ДРИ
Плавкая вставка предохранителя	1) $I_{ном,вст} \geq I_{ном,эп}$ 2) $I_{ном,вст} \geq I_{пуск}/a$	$I_{ном,вст} \geq I_р$ $I_{ном,вст} \geq I_{пик}/a$	$I_{ном,вст} \geq I_р$ -	$I_{ном,вст} \geq 1{,}2I_р$ -
Тепловой расцепитель автоматического выключателя с нерегулируемой обратнозависимой от тока характеристикой	$I_{сраб,теп,нр} \geq 1{,}15I_{ном,эп}$			
То же, с регулируемой обратнозависимой от тока характеристикой	$I_{сраб,теп,рег} \geq 1{,}25I_{ном,эп}$			
		$_{сраб,комб,рег} \geq 1{,}1I_р$ (	$I_{сраб,комб,рег} \geq I_р$	$_{сраб,комб,рег} \geq 1{,}3I_р$
		$I_{уст,э\ о} \geq 1{,}25I_{пик}$	-	-
То же с нерегулируемой обратнозависимой от тока характеристикой		$I_{уст,э\ о} \geq 1{,}5I_{пик}$	-	-

* При установке автоматических выключателей в шкафу и для линий к силовым ЭП, не имеющим в своем составе электродвигателей, повышающие коэффициенты 1,25; 1,15 и 1,1 не вводятся.

Примечания: 1. Выражения даны для автоматических выключателей с кратностью тока отсечки не менее 10.

2. Тепловые элементы реле, встраиваемых в магнитные пускатели, выбирают по выражениям таблицы 1 как для тепловых разделителей автоматических выключателей.

Таблица 2. Основные данные низковольтных предохранителей

Тип предохранителя	Номинальный ток патрона предохранителя, А	Номинальный ток плавкой вставки, А	Предельный ток отключения, кА
НПН-15	15	6; 10; 15;	-
НПН-60	60	15; 20; 25; 35; 45; 60;	-
ПН-2-100	100	30; 40; 50; 60; 100;	50
ПН-2-250	250	80; 100; 120; 200; 250;	40
ПН-2-400	400	200; 250; 300; 350; 400;	25
ПН-2-600	600	300; 400; 500; 600;	25
ПН-2-1000	1000	500; 600; 750; 800; 1000;	10

Таблица 3.

Тип предо-хранителя	Номинальный ток патрона $I_{ном}$, А	Номинальный ток плавкой вставки $I_{п.в.}$, А
	15	6, 10, 15
	60	15, 20, 25, 35, 45, 60
	100	60, 80, 100
	200	100, 125, 160, 200
	350	200, 225, 260, 300, 350
	600	350, 450, 500, 600
	1000	600, 700, 850, 1000

Таблица 4. Автоматические выключатели серии АЕ2000, применяемые в пунктах распределительных ПР-11 и ПР-24

Тип марка	Номинальный ток автоматического выключателя, $I_{ав}$ (А)	Ток теплового расцепителя, $I_{тр}$ (А)	Кратность тока электромагнитного расцепителя $I_{эмр} = К_{эмр}*I_{тр}$	Предельная коммутационная способность, $I_{откл}$ (кА)
АЕ2026	16	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0.	$К_{эмр}$ = 12,0	0,7 до $I_{тр}$ =2,0 А ; 1,0 до $I_{тр}$ =6,3 А; 2,0 до $I_{тр}$ =16,0 А;
АЕ2036	25	0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0.	$К_{эмр}$ = 12,0	0,8 до $I_{тр}$ =4,0 А ; 1,5 до $I_{тр}$ =12,5 А; 4,5 до $I_{тр}$ =25,0 А;
АЕ2046	63	10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0,	$К_{эмр}$ = 12,0	2,0 до $I_{тр}$ = 12,5 А ; 3,0 до $I_{тр}$ =25,0 А; 6,0 до $I_{тр}$ =63,0 А;
АЕ2056	100	16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100,0.	$К_{эмр}$ = 12,0	3,0 до $I_{тр}$ = 25,0 А ; 6,0 до $I_{тр}$ =40,0 А; 9,0 до $I_{тр}$ =100,0 А;

Таблица5. Автоматические выключатели А3700 устанавливаемые в шкафах КТП

Тип марка	Iав (А)	Уставки в зоне перегрузок		Уставки в зоне КЗ		$I_{дин}$ (кА)
		Iпр (А)	Выдержка времени в зоне перегрузок (сек)	(Кэмр) $I_{эмр} = К_{эмр}*I_{пр}$	Выдержка времени в зоне КЗ (сек)	
А3714Б	160	20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100,0; 125,0; 160,0.	4; 8; 16;	3; 5; 7; 10;	0,0	до 40А-18 кА; до 80А-36кА; до 160А-75кА;
А3724Б	250	160,0; 200,0; 250,0;	4; 8; 16;	3; 5; 7; 10;	0,0	75 кА
А3734Б	400	160,0; 200,0; 250,0; 320,0; 400,0;	4; 8; 16;	3; 5; 7; 10;	0,0	до 250А-75 кА; до 400А-100кА;
А3744Б	630	250,0; 320,0; 400,0; 500,0; 630,0;	4; 8; 16;	3; 5; 7; 10;	0,0	100 кА

Таблица 6. Автоматические выключатели А3700 устанавливаемые в шкафах КТП

Тип марка	Номинальный ток автоматического выключателя, Iав (А)	Ток электромагнитный расцепителя, (А)	Предельный динамический ток, Iдин (кА)
А3712Б	160	400; 630;1000; 1600;	36
А3722Б	250	1600; 2000; 2500;	75
А3734Б	400	2500; 3200; 4000;	100
А3744Б	630	4000; 5000; 6300;	100

Таблица 7. Автоматические выключатели А3700 устанавливаемые в шкафах КТП на подстанциях

Тип марка	Iав (А)	Iпр (А)	Выдержка времени в зоне перегрузок (сек)	(Кэмр) $I_{эмр} = К_{эмр}*I_{пр}$	Выдержка времени в зоне КЗ (сек)	$I_{дин}$(кА
А3734с	400	160,0; 200,0; 250,0; 320,0; 400,0;	4; 8; 16;	3; 5; 7; 10;	0,1; 0,25; 0,4;	
А3744с	630	250,0; 320,0; 400,0; 500,0; 630,0;	4; 8; 16;	3; 5; 7; 10;	0,1; 0,25; 0,4;	60

Таблица 8. Автоматические выключатели АВМ

Тип марка	Iав (А)	Уставки в зоне перегрузок		Уставки в зоне КЗ	$I_{откл}$ (кА)
		Ток максимального расцепителя	Выдержка времени в зоне перегрузок (сек)	Выдержка времени в зоне КЗ только для селективных выключателей с индексом С (сек)	
АВМ4Н; АВМ4НВ; АВМ4С; АВМ4СВ;	400	120,0; 150,0; 200,0; 250,0; 300,0; 400,0;	до 10 сек	0,25 и 0,4 или 0,4 и 0,6	10
АВМ10Н; АВМ10НВ АВМ10С; АВМ10СВ	1000	500,0; 600,0; 800,0; 1000,0;	до 10 сек	0,25 и 0,4 или 0,4 и 0,6	10
АВМ15Н; АВМ15НВ АВМ15С; АВМ15СВ	1500	800,0; 1000,0; 1200,0; 1500,0;	до 10 сек	0,25 и 0,4 или 0,4 и 0,6	10
АВМ20Н; АВМ20НВ АВМ20С; АВМ20СВ	2000	1000,0; 1200,0; 1500,0; 2000,0;	до 10 сек	0,25 и 0,4 или 0,4 и 0,6	10

Таблица 9ё . Автоматические выключатели "Электрон"

Тип марка	Iав (А)	Уставки в зоне перегрузок		Уставки в зоне КЗ	Iдин (кА)
		Ток полупроводникового расцепителя с блоком МТЗ, Iпр (А)	Выдержка времени в зоне перегрузок (сек)	Выдержка времени в зоне КЗ (сек)	
Э06В; Э06СВ	630	(0,63 - 0,8 -1,0)* Iав	30-60-90-120-150-180	0,25-0,4-0,7	25
Э16В; Э16СВ	1600	(0,63 - 0,8 -1,0)* Iав	30-60-90-120-150-180	0,25-0,4-0,7	40
Э25В; Э25СВ	2500	(0,63 - 0,8 -1,0)* Iав	30-60-90-120-150-180	0,25-0,4-0,7	45
Э40В; Э40СВ	4000	(0,63 - 0,8 -1,0)* Iав	30-60-90-120-150-180	0,25-0,4-0,7	65

Методические указания
по выполнению расчета и выбора предохранителей

1. Расчет номинальных токов электроприёмников

$$I_{ном\ эп} = P_{ном} \backslash (\sqrt{3} * U_{ном} * \cos\varphi * \eta) \quad \text{или} \quad I_{ном\ эп} = S_{ном} \backslash (\sqrt{3} * U_{ном})$$

где: $P_{ном}$, $S_{ном}$ – номинальная активная или полная мощность электроприёмника определяется из исходных данных расчета нагрузок, кВт или кВА;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение сети, кВ;

cos φ – коэффициент мощности электроприёмника, определяется из расчёта электрических нагрузок;

η – коэффициент полезного действия электроприёмника, принимается равным 0,9;

$I_{р\ узл}$ – расчётный ток узла, определяется из из расчёта электрических нагрузок, А

2. Расчет пусковых токов электроприёмников

$$I_{пуск\ эп} = K_{пуск} * I_{ном\ эп}$$

где: $I_{ном\ эп}$ = номинальный ток электроприёмника, А

$K_{пуск}$ = кратность пускового тока электроприёмника, которую рекомендуется принимать равной:

7,5 - для конвейеров, кранов, лифтов, дробилок, мельниц, дробилок и т.д;

6 - для сварочных аппаратов;

5 - для металлорежущих станков, вентиляторов, насосов и т.д;

3 - для газоразрядных ламп высокого давления ДРЛ, ДРИ, ДНАО, ДКсТ;

2 - для печей сопротивления, нагревательных элементов и т.д;

2 - для ламп накаливания и люминесцентных ламп.

3. Расчет пикового тока узла

$$I_{пик\ узл} = I_{р\ узл} + I_{пуск\ макс} - K_{и} * I_{ном\ эп}$$

где: $I_{р\ узл}$ – расчётный ток узла, определяемый из расчёта электрических нагрузок.А

$I_{пуск\ макс}$ – максимальный пусковой ток электроприёмника в узле, А;

$K_{и}$ – коэффициент использования электроприёмника, имеющего максимальный пусковой ток в узле;

$I_{ном\ эп}$ – номинальный ток электроприёмника, имеющего максимальный пусковой ток в узле, А;

4. Производим выбор предохранителей исходя из расчетных данных для каждого электроприемника и узлов.

$$U_{ном} \geq U_{сети}$$

$$I_{п\ в} \geq I_{ном\ эп} \quad \text{или} \quad I_{п\ в} \geq I_{р\ узл}$$

$$I_{п\ в} \geq I_{пуск\ эп} / \alpha \quad \text{или} \quad I_{п\ в} \geq I_{пик\ узл} / \alpha$$

где: $I_{пуск\ эп}$ - пусковой ток электроприёмника который определяется по номинальному току и кратности пускового тока электроприёмника;

α – коэффициент, учитывающий условия и длительность пуска и принимающий значения для одиночных электроприёмников:

2,5 – для лёгких пусков, с длительностью до 2,5 секунд, а также для редких пусков (насосы, вентиляторы, металлорежущие станки и т.д.), а также для жилых, гражданских и административных зданий;

1,6 – для тяжёлых пусков с длительностью более 2,5 секунд, а также для частых пусков и с частыми реверсами (краны, лифты, дробилки, мельницы, дробилки, конвейеры и т. д);

Для узлов **α** принимается равный значению для электроприёмника имеющего, максимальный пусковой ток в узле.

Для предохранителей выбирается ближайшая большая стандартная уставка плавкой вставки, которая не может быть больше номинального тока патрона предохранителя и расчеты сводятся в таблицу.

Таблица. Выбор низковольтных предохранителей для трехфазных и однофазных электроприёмников

№ ЭП на плане	наименование	Рном, (кВт)	Uном, (кВ)	cos φ	кпд, η	Коэффициент фаз, √3 или 1	Iном, (А)	Кпуск	Iпуск, (А)	α	Iпуск / α	Предохранитель		
												Тип, марка	Iпр, (А)	Iпв, (А)

Таблица. Выбор низковольтных предохранителей для защиты ПЭЭ

№ ПЭЭ на плане	наименование	Sр, (кВА)	U ном, (кВ)	Коэффициент фаз, √3	Iр, (А)	Кпуск	Iпик, (А)	α	Iпуск / α	Предохранитель		
										Тип, марка	Iпр, (А)	Iпв, (А)

Если к узлу подключен электроприёмник, у которого токи предохранителя и плавкой вставки совпадают или больше чем токи предохранителя и плавкой вставки, защищающего весь узел, то необходимо по условию селективности увеличить токи предохранителя и плавкой вставки, защищающего весь узел

Методические указания по выполнению расчета и выбора автоматических выключателей

1. Расчет номинальных токов электроприёмников

$$\mathbf{I_{ном\ эп} = P_{ном} \backslash (\sqrt{3} * U_{ном} * \cos\varphi * \eta)} \quad \text{или} \quad \mathbf{I_{ном\ эп} = S_{ном} \backslash (\sqrt{3} * U_{ном})}$$

где:

$P_{ном}$, $S_{ном}$ – номинальная активная или полная мощность электроприёмника определяется из исходных данных расчета нагрузок, кВт или кВА;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение сети, кВ;

cos φ – коэффициент мощности электроприёмника, определяется из расчёта электрических нагрузок;

η – коэффициент полезного действия электроприёмника, принимается равным 0,9;

$I_{р\ узл}$ – расчётный ток узла, определяется из из расчёта электрических нагрузок, А

2. Расчет пусковых токов электроприёмников

$$\mathbf{I_{пуск\ ЭП} = K_{пуск} * I_{ном\ ЭП}}$$

где:

$I_{ном\ ЭП}$ = номинальный ток электроприёмника, А

$K_{пуск}$ = кратность пускового тока электроприёмника, которую рекомендуется принимать равной:

7,5 - для конвейеров, кранов, лифтов, дробилок, мельниц, дробилок и т.д;

6 - для сварочных аппаратов;

5 - для металлорежущих станков, вентиляторов, насосов и т.д;

3 - для газоразрядных ламп высокого давления ДРЛ, ДРИ, ДНАО, ДКсТ;

2 - для печей сопротивления, нагревательных элементов и т.д;

2 - для ламп накаливания и люминесцентных ламп.

3. Расчет пикового тока узла

$$\mathbf{I_{пик\ узл} = I_{р\ узл} + I_{пуск\ макс} – K_и * I_{ном\ ЭП}}$$

где:

$I_{р\ узл}$ – расчётный ток узла, определяемый из расчёта электрических нагрузок.А

$I_{пуск\ макс}$ – максимальный пусковой ток электроприёмника в узле, А;

$K_и$ – коэффициент использования электроприёмника, имеющего максимальный пусковой ток в узле;

$I_{ном\ ЭП}$ – номинальный ток электроприёмника, имеющего максимальный пусковой ток в узле, А;

4. Производим выбор автоматических выключателей в соответствии с условиями выбора.

По напряжению:

$$\mathbf{U_{ном} \geq U_{сети}}$$

5. По номинальному току автоматического выключателя:

$$\mathbf{I_{ном\ АВ} \geq I_{ном\ ЭП}} \quad \textbf{или} \quad \mathbf{I_{ном\ АВ} \geq I_{р\ узл}}$$

где:$I_{ном\ АВ}$ – номинальный ток автоматического выключателя, (16, 25, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1500, 2000, 2500, 4000), А

$I_{ном\ ЭП}$ - номинальный ток электроприёмника(А), определяемый по формуле аналогично как для предохранителей.

$I_{р\ узл}$ – расчетный ток узла определяемый из расчёта электрических нагрузок, А;

6. По току теплового расцепителя:

$$\mathbf{I_{т.р.} \geq K_т * I_{ном\ ЭП}} \quad \text{или} \quad \mathbf{I_{т.р.} \geq K_т * I_{р\ узл}}$$

где: $K_т$ = коэффициент надежности срабатывания теплового или комбинированного пулупроводникового расцепителя, который определяется в зависимости от типа расцепителя и от того какие линии они защищают:

1,1 – для защиты узлов и групп силовых электроприёмников;

1,15 - для защиты одиночных силовых электроприёмников, с нерегулируемыми тепловыми расцепителями;

1,25 – для защиты одиночных электроприёмников, с регулируемыми комбинированными полупроводниковыми расцепителями;

1,3 – для защиты осветительных сетей с ртутными лампами высокого давления типа ДРЛ, ДРИ, ДНАО, ДКсТ с нерегулируемыми тепловыми расцепителями;

1,0 – для защиты осветительных сетей с лампами накаливания и люминисцентными лампами низкого давления с нерегулируемыми тепловыми расцепителями.

7. По току электромагнитного расцепителя:

$$I_{п\,в} \geq K_э * I_{пуск\,ЭП} \quad \text{или} \quad I_{п\,в} \geq K_э * I_{пик\,узл}$$

где: $I_{пускЭП}$ - пусковой ток электроприёмника который определяется по номинальному току и кратности пускового тока электроприёмника по формуле аналогичной как для предохранителей, А;

$I_{пик\,узл}$ – пиковый ток узла, определяемый по формуле аналогичной как для предохранителей, А;

$K_э$ = коэффициент надежности срабатывания электромагнитного расцепителя, который определяется в зависимости от типа расцепителя и того какие линии они защищают:

1,2 – для защиты одиночных электроприёмников с регулируемыми комбинированными полупроводниковыми или нерегулируемыми электромагнитными расцепителями;

1,25 - для защиты узлов и групп силовых электроприёмников с регулируемыми комбинированными полупроводниковыми расцепителями;

1,5 - для защиты узлов и групп силовых электроприёмников и узлов с нерегулируемыми электромагнитными расцепителями;

1,3 – для защиты осветительных сетей с ртутными лампами высокого давления типа ДРЛ, ДРИ, ДНАО, ДКсТ с нерегулируемыми электромагнитными расцепителями;

1,0 - для защиты осветительных сетей с лампами накаливания и люминесцентными лампами низкого давления с нерегулируемыми электромагнитными расцепителями.

Для автоматических выключателей выбирается ближайшая большая стандартная уставка расцепителя.

Таблица. Выбор автоматических выключателей для электроприёмников узлов

№ ЭП на плане	Номинальная мощность, Рном, (кВт)	Номинальное напряжение, Uном, (кВ)	cos Ф	кпд, η	Коэффициент фаз, √3 или 1	Номинальный ток, Iном, (А)	Кратность пускового тока Кпуск	Пусковой ток, Iпуск, (А)	Кт	Кт * Iном	Кэ	Кэ * Iном	Автоматический выключатель			

Таблица. Выбор вводных и секционных автоматических выключателей ТП и КТП

№ узла на плане	Расчётная мощность ,Sном, (кВт)	Номинальное напряжение, Uном, (кВ)	Коэффициент фаз, √3	Расчётный ток, Iр, (А)	Коэффициент пусковой Кпуск	Максимальный пусковой ток в узле, Iмах, (А)	Коэффициент надежности ТР Кт	Кт * Iр	Коэффициен надежности ЭР Кэ	Кэ * Iпик	Автоматический выключатель ТП			

Если к узлу подключен электроприёмник, у которого токи срабатывания автоматического выключателя совпадают или больше чем у автоматического выключателя, защищающего весь узел, то необходимо по условию селективности увеличить токи срабатывания автоматического выключателя, защищающего весь узел.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях рекомендуется выбор автоматических выключателей?
2. В каких случаях рекомендуется выбор низковольтных предохранителей?
3. Принцип действия автоматического выключателя и виды расцепителей?
4. Принцип действия предохранителя и типы?
5. Если автоматический выключатель отключился, но он не поддаётся включению, какой расцепитель сработал и почему он не включается.
6. В чем основное достоинство автоматических выключателей?
7. В чём основное достоинство предохранителей?
8. Почему при прохождении токов короткого замыкания тепловой расцепитель не срабатывает?
9. Почему при прохождении токов перегрузки электромагнитный расцепитель не срабатывает?
10. Что называется коэффициентом надёжности срабатывания теплового или электромагнитного расцепителя и почему он всегда больше единицы?
11. В чём отличие токов перегрузки и токов короткого замыкания и в каких случаях они возникают?

12. В чём заключается условие селективности при выборе защитной аппаратуры?
13. Для чего необходимо выполнение условия селективности при расчёте электрических сетей напряжением до 1000 В?
14. Для чего необходим в предохранителе мелкозернистый кварцевый песок и почему не применяется любой песок?
15. От каких токов отстраивается ток теплового расцепителя?
16. От каких токов отстраивается ток электромагнитного расцепителя?

Таблица А.6. Технические данные автоматических выключателей серии ВА

Тип	Номинальный ток, А		Кратность уставки		$I_{откз}$, кА
	$I_{н.а}$	$I_{н.р}$	$K_{у(тр)}$	$K_{у(эмр)}$	
1	2	3	4	5	6
ВА 51–25	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6	1,2	14	3
		2,0; 2,5; 3,15; 4; 5			1,5
ВА 51–25		6,3; 8	1,35	7, 10	2
		10; 12,5			2,5
		16; 20; 25			3,0
ВА 51–31–1 ВА 51Г–31	100	6,3; 8; 10; 12		3, 7, 10	2
		10			2,5
		20; 25			3,5
		31,5; 40; 50; 63			5
		80; 100			О
ВА 51–31 ВА 51Г–31		6,3; 8			2
		10; 12,5			2,5
					3,8
		31,5; 40; 50; 63			6
		80; 100	1,25		7
ВА 51–33 ВА 51Г–33	160	80; 100;125,160		10	12,5
ВА 51–35	250	80, 100,125,160 200, 250		12	15
ВА 51–37	400	250, 320, 400		10	25
ВА 51–39	630	400, 500, 630			35
ВА 52–31 ВА 52Г–31	100	16, 20, 25	1,35	3, 7, 10	12
		31,5; 40			15
		50; 63			18
		80, 100	1,25		25
ВА 52–33 ВА 52Г–33	160	80, 100		10	28
		125, 160			35
ВА 52–35	250	80, 100, 125, 160, 200, 250		12	30
ВА 52–37	400	250, 320, 400		10	
ВА 52–39	630	250, 320, 400, 500, 630			40
ВА 53–37 ВА 55–37	160 250 400	Регулируется ступенями 0,63–0,8–1,0 от $I_{н.в}$	1,25	2, 3, 5, 7, 10	20
ВА 53–39 ВА 55–39	160 250 400 630				25
ВА 53–41 ВА 55–41	1000			2, 3, 5, 7	
ВА 53–43 ВА 55–43	1600				31
ВА 53–45 ВА 55–45	2500			2, 3, 5	36
ВА 75–45				2, 3, 5, 7	
ВА 75–47	4000			2, 3, 5	45