

УДК 620.9

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ  
И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ РАСЦЕПИТЕЛЕЙ  
ELCESTRONIC AND SEMICONDUCTOR CIRCUIT BREAKERS' TRIP  
UNITS APPLICATION FEATURES

Капустинский А.Ю., ассистент  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь  
A. Kapustsinski, professorassistant  
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

*Аннотация. Данная статья посвящена теме повышения эффективности функционирования сетей до 1 кВ путем применения выключателей с микропроцессорными и полупроводниковыми расцепителями.*  
*Abstracts. The article is dedicated to low voltage grid effectiveness's incensement by the use of elcestronic and semiconductor circuit breakers' trip units.*

*Ключевые слова: автоматический выключатель, чувствительность, защита от перегрузки, защита от коротких замыканий, расцепитель, микропроцессорный расцепитель.*

*Key words: circuit breaker, sensitiveness, overload protection, short circuit protection, trip unit, electronic circuit protection.*

## ВВЕДЕНИЕ

При построении схем электроснабжения напряжением до 1 кВ, в случае невозможности организации групповых щитов с большим числом подключений, расчетная нагрузка небольшой группы потребителей может оказаться равной или меньше номинального тока потребителя наиболее мощного присоединения. Ввиду того, что в сетях до 1 кВ селективность аппаратов защиты с обратозависимой времятоковой характеристикой обеспечивается увеличением тока срабатывания, ток срабатывания аппаратов защиты может оказаться настолько завышен, что осуществить защиту сети от коротких замыканий согласно действующим ТНПА не представится возможным.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Селективным считается защитный аппарат, ток срабатывания которого на один-два порядка из стандартного ряда больше, чем у нижестоящего, если физический принцип анализа тока в последовательной цепи защитного аппарата основан на преобразовании электрической энергии в тепловую (предохранитель или автоматический выключатель с тепловым расцепителем).

Точную информацию о том, являются ли защитные аппараты селективными, можно получить только от производителя оборудования. Данная информация обычно предоставляется в табличной форме и имеет вид, представленный на рисунке 1 [1]. Условная схема электроснабжения с селективными, согласно данным производителя, автоматическими выключателями приведена на рисунке 2.

Вышестоящий аппарат		iC60N/H/L													
		Кривая С													
In (A)		1	2	3	4	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63
<b>Нижестоящий аппарат</b>		<b>1P, 1P+N 2P (380-415 В) двухфазная сеть 3P, 3P+N 4P</b>													
<b>Предельный ток селективности (А)</b>															
iC60N/H/L Кривая В	0.5	8	60	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	1		16	24	32	70	180	210	370	590	1100	2400	7000	T	T
	2			24	32	48	140	160	220	310	460	780	1200	2000	2000
	3				5	48	120	104	190	280	380	580	820	1400	1400
	4					14	80	104	130	240	300	430	590	1000	1100
	6						80	104	130	160	200	380	480	770	850
	10							104	130	160	200	260	320	680	500
	13									160	200	260	320	600	500
	16										200	260	320	600	500
	20											260	320	400	500
	25												320	400	500
	32													400	500
	40														500
	50														
	<b>Предельный ток селективности (А)</b>														
iC60N/H/L Кривая С	0.5	8	50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	1		16	24	32	70	180	210	370	590	1100	2400	7900	T	T
	2			24	32	48	120	160	220	310	460	780	1200	2000	2000
	3					16	80	104	190	280	380	480	820	1400	1400
	4					14	80	104	130	160	300	430	590	1000	1100
	6						80	104	130	160	200	380	480	770	850
	10								130	160	200	260	320	680	500
	13									55	200	260	320	600	500
	16										71	260	320	400	500
	20											260	320	400	500
	25												127	400	500
	32													168	500
	40														500
	50														
	<b>Предельный ток селективности (А)</b>														
iC60N/H/L Кривая D	0.5		50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	1			24	32	70	180	210	370	590	1100	2400	7900	T	T
	2				25	48	120	160	220	310	460	680	1200	2000	2000
	3					15	80	104	130	240	380	480	710	1400	1400
	4						28	100	130	160	300	430	590	1000	910
	6								130	160	200	260	480	770	760
	10									73	200	260	320	600	500
	13										79	260	320	600	500
	16										71	194	320	400	500
	20												135	400	500
	25													174	500
	32														277
	40														

Рисунок 1 – Таблица селективности автоматических выключателей SchneiderElectricActi9 iC60, предоставляемая производителем:

T – абсолютная селективность; пустая ячейка – селективность отсутствует; заполненная цифрой ячейка – предельный ток селективности

Подтверждение о селективности между двумя аппаратами защиты различных производителей невозможно получить от завода-изготовителя, так как производитель не может нести ответственности за оборудование конкурентов.

В большинстве случаев принято считать селективными два защитных аппарата, принцип работы которых основан на преобразовании электрической энергии в тепловую, если ток срабатывания вышестоящего аппарата в 1,6 раз больше, чем ток срабатывания нижестоящего аппарата. Число 1,6 является типовым множителем для получения стандартного ряда токов и мощностей

оборудования. Данная зависимость подтверждается опытными данными (рисунок 1) и указана в действующих технических нормативных правовых актах Республики Беларусь (ПУЭ 6, гл. 3.1.11[2]). Для автоматических выключателей и предохранителей данная зависимость может быть записана в следующем виде:

$$\frac{I_{\text{расц.в}}}{I_{\text{расц.н}}} \geq 1,6; \quad (1)$$

$$\frac{I_{\text{пл.в}}}{I_{\text{пл.н}}} \geq 1,6, \quad (2)$$

где  $I_{\text{расц.в}}$  – номинальный ток теплового расцепителя вышестоящего автоматического выключателя, А;

$I_{\text{расц.н}}$  – номинальный ток теплового расцепителя нижестоящего автоматического выключателя, А;

$I_{\text{пл.в}}$  – номинальный ток плавкой вставки вышестоящего предохранителя, А;

$I_{\text{пл.н}}$  – номинальный ток плавкой вставки нижестоящего предохранителя, А.

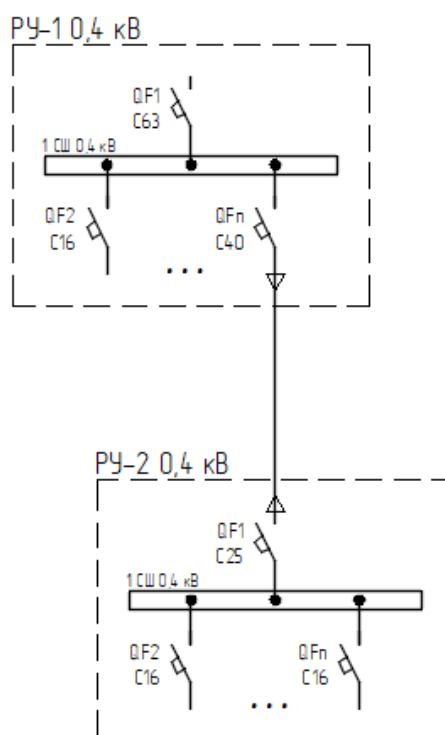


Рисунок 2 – Условная схема электроснабжения, обладающая селективностью

Однако при этом добиться абсолютной селективности автоматических выключателей с тепловыми расцепителями или предохранителями невозможно, ввиду физических аспектов работы данных аппаратов. Большой разброс времени срабатывания при одном и том же токе срабатывания приводит к тому, что даже автоматические выключатели, обладающие селективностью согласно выражениям 1 и 2, а также согласно таблице селективности производителя (рисунок 1), не являются абсолютно селективными по картам селективности (рисунок 3).

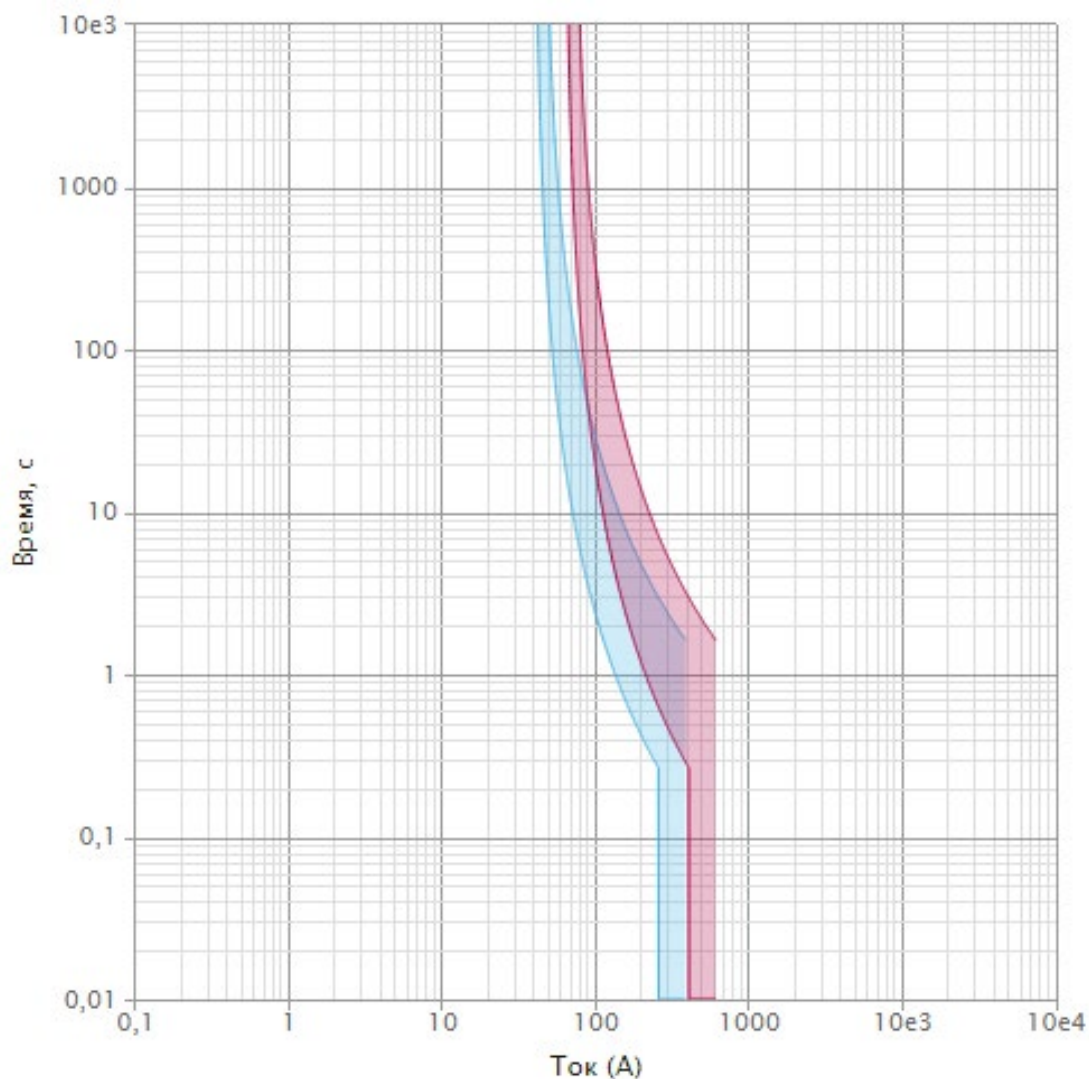


Рисунок 3 – Карта селективности между трехполюсными автоматическими выключателями с тепловым расцепителем SchneiderElectriciC60NC40 (синяя область) и С63 (красная область)

Для аппарата защиты, установленного в начале линии электропередачи, питающей группу потребителей, параметры окружающей среды могут значительно отличаться от параметров окружающей среды вводного защитного аппарата данной группы потребителей. На стадии проектирования определить это зачастую не представляется возможным, что приводит к необходимости замены оборудования при опытной эксплуатации и, как следствие, дополнительным капитальным затратам. Помимо этого, очевидно прослеживание тенденции значительного увеличения, искусственного завышения номинальных токов применяемых аппаратов защиты в цепочке от потребителя к все более крупным распределительным устройствам ввиду условия селективности.

Данный негативный эффект проявляется не так выражено при применении автоматических выключателей с расцепителями на базе микроконтроллеров или полупроводников. Ввиду иных физических процессов, на которых основано действие расцепителя максимального тока с обратозависимой характеристикой данного типа выключателей, для микропроцессорных и полупроводниковых

расцепителей имеет место гораздо меньший разброс значений тока и времени срабатывания, что в свою очередь приводит к меньшему завышению тока срабатывания защиты при обеспечении полной селективности между автоматическими выключателями.

На рисунке 4 представлены времятоковые характеристики автоматических выключателей с полупроводниковым расцепителем, обладающие абсолютной селективностью.

Исходя из рисунков 3 и 5 очевидно, что селективность выключателей с микропроцессорными расцепителями абсолютна при одинаковом значении номинального тока расцепителя (100 А). При этом ток срабатывания защиты вышестоящего аппарата защиты ниже при применении микропроцессорных расцепителей, то есть завышение тока срабатывания защиты не происходит, негативные последствия данного технического решения отсутствуют.

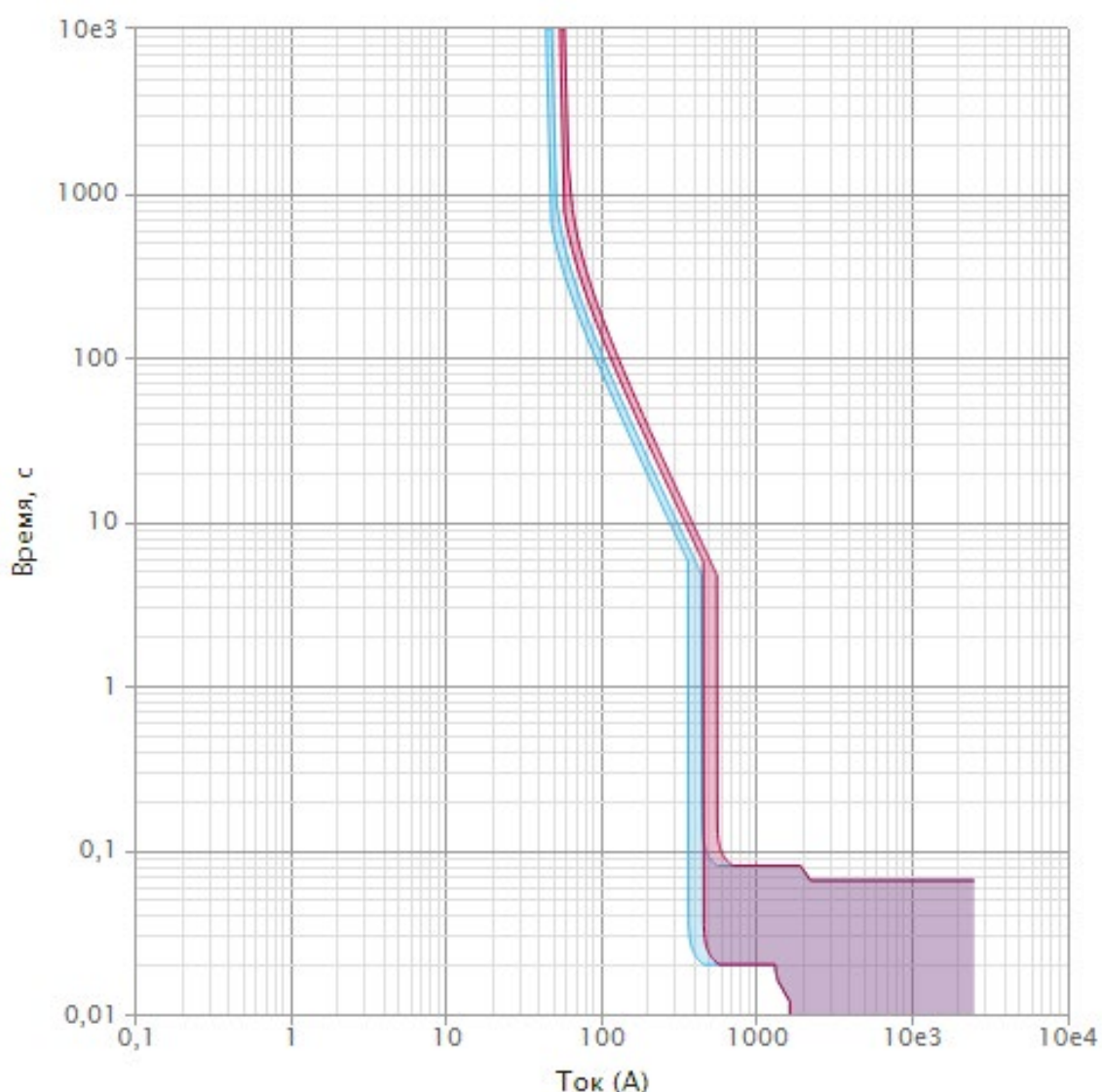


Рисунок 4 – Карта селективности между двумя трехполюсными автоматическими выключателями SchneiderElectricCompactNSX100В с микропроцессорными расцепителями Micrologic 2.2(синяя область – нижестоящий выключатель, красная область – вышестоящий)

Несмотря на огромное количество достоинств, высокая стоимость данных устройств ограничивает их применение. Помимо этого, они обладают такими недостатками, как хрупкость и подверженность воздействию электромагнитных полей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение автоматических выключателей с полупроводниковыми и микропроцессорными расцепителями позволяет увеличить чувствительность защит в сети до 1 кВ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Acti 9. Эффективность, достойная Вас, 2019 : Технический каталог / SchneiderElectric, 2019/ – 480 с.
2. Правила устройства электроустановок. Шестое издание, переработанное и дополненное, с изменениями – Москва :Энергоатомиз-дат, 1986. – 648 с.
3. Радкевич, В.Н. Электроснабжение промышленных предприятий: учеб. пособие / В.Н. Радкевич, В.Б. Козловская, И.В. Колосова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 589 с.
4. Выключатели автоматические низковольтные. Общие технические условия: ГОСТ 9098-93. – Введ. 01.07.1996. – Минск :Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации : АО "Электрические низковольтные аппараты и системы" (ЭНАС) 1993. – 20 с.