

УДК 621.313/.316

Н.С. Бодруг, Н.В. Булатов

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ПОДСТАНЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ПОДСТАНЦИИ «ИВАНОВКА»)

В настоящее время одной из важных проблем в отечественной энергетике является замена устаревшего парка оборудования на электростанциях и подстанциях электроэнергетических систем (ЭЭС). Релейная защита и автоматика не являются исключением. Микропроцессорная защита – главный элемент для замены морально устаревшего оборудования.

Ключевые слов: микропроцессорная релейная защита, подстанция, ток короткого замыкания, терминал, трансформатор, воздушная линия.

MODERNIZATION OF SUBSTATION RELAY PROTECTION (ON THE EXAMPLE OF SUBSTATION «IVANOVKA»)

Now one of the important problems in national power industry is replacement of the outdated equipment at power stations and substations with electrical power systems. Relay protection and automatic equipment is not an exception. Microprocessor protection is the main element for replacement of the obsolete equipment.

Key words: microprocessor relay protection, substation, short-circuit current, terminal, transformer, airline.

Эксплуатация морально устаревших комплексов релейной защиты может привести к ложным срабатываниям защит или их отказу, снижению надежности функционирования ЭЭС. Тема замены, реконструкции и модернизации комплексов релейной защиты с целью повышения их надежности актуальна на сегодняшний день.

В данной работе предполагается исследовать схему электрической сети подстанции (ПС) «Ивановка» Амурской энергосистемы и проработать основные вопросы модернизации комплексов релейной защиты силовых трансформаторов и отходящих линий.

Основным вопросом работы является модернизация комплекса релейной защиты подстанции, для чего проведены подробные расчеты параметров срабатывания выбранных более современных защит трансформаторов и отходящих линий электропередачи на полупроводниковой и микропроцессорной элементной базе.

Подстанция «Ивановка» 110/35/10кВ служит для электроснабжения потребителей района села Ивановки, передачи мощности в сеть 110 кВ. ПС питается от двух воздушных линий 110 кВ с проводами марки АС – 120/19, отходящих от ПС «Волково» и ПС «Полевая». Схема электрической сети показана на рис. 1.

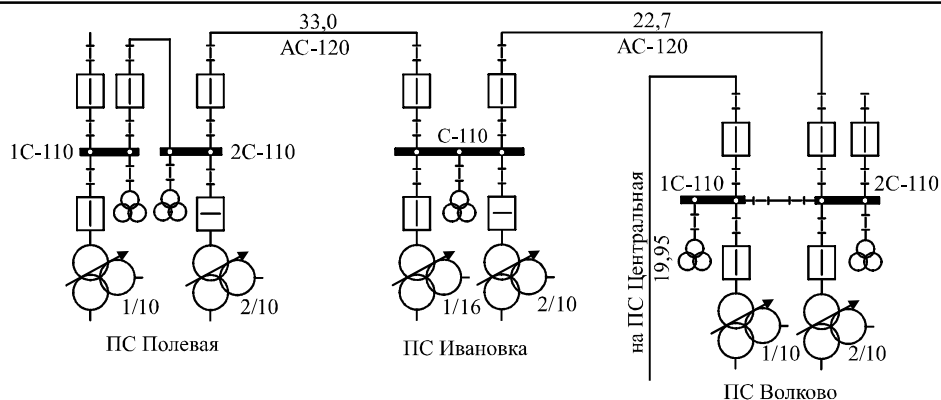


Рис. 1. Схема электрической сети с ПС «Ивановка».

В данной работе при расчетах тока короткого замыкания [1] использовалась программа для расчетов токов короткого замыкания ТКЗ 3000.

Характеристики (справочные и расчетные <*>) воздушных линий представлены в табл. 1 для ВЛ «Волково – Ивановка» и в табл. 2 – для ВЛ «Ивановка – Полевая».

Таблица 1

Общие данные		
Диспетчерское наименование		ВЛ 10 кВ «Волково – Ивановка»
Вид ЛЭП		Воздушная
Технические характеристики:		
номинальное напряжение	кВ	110
эксплуатационное напряжение	кВ	110
длина линии (кабеля)	км	22,7
количество цепей		1
количество проводов в фазе		1
тип провода (марка кабеля)		АС-120/19
удельное активное сопротивление	Ом/км	0,244
удельное индуктивное сопротивление	Ом/км	0,427
удельная индуктивная проводимость	мкСм/км	2,658
Расчетные данные <*>:		
активное сопротивление	Ом	5,539
реактивное сопротивление	Ом	9,693
реактивная проводимость на землю	мкСм	60,337

Таблица 2

Общие данные		
Диспетчерское наименование		ВЛ 10 кВ «Ивановка – Полевая»
Вид ЛЭП		Воздушная
Технические характеристики:		
номинальное напряжение	кВ	110
эксплуатационное напряжение	кВ	110
длина линии (кабеля)	км	33
количество цепей		1
количество проводов в фазе		1
наличие и длина коридоров взаимной индукции с другими ЛЭП, расстояние до параллельных ЛЭП		Совместная подвеска с ВЛ-110 кВ (опоры У6М, П4М).
тип провода (марка кабеля)		АС-120/19
удельное активное сопротивление	Ом/км	0,244
удельное индуктивное сопротивление	Ом/км	0,427
удельная индуктивная проводимость	мкСм/км	2,658
Расчетные параметры <*>:		
активное сопротивление	Ом	8,052
реактивное сопротивление	Ом	14,091
реактивная проводимость на землю	мкСм	87,714

ПС «Ивановка» комплектуется двумя трансформаторами типа ТДТН-16000/110, подробные технические характеристики (<*> – расчетные параметры) которых приведены в табл. 3.

Таблица 3

Маркировка			ТДТН-16000/110			Параметры регулирования		
						РПН	$\pm 9 \times 1,78$	%
Технические характеристики						ПБВ	$\pm 2 \times 2,5$	%
Группа соединений обмоток				Ун/Ун/Д-0-11				
Номинальная полная мощность				16	МВА			
Sвн	16	МВА	Uвн	115	кВ	Uвнспр	115	кВ
Sсн	16	МВА	Uсн	38,5	кВ	Uснспр	37	кВ
Sнн	16	МВА	Uнн	11	кВ	Uннспр	10,5	кВ
UкВ-С	10,3	%	$\Delta P_{кВ-С}$	94,82	%	Iвн	80,3	А
UкВ-Н	16,4	%	$\Delta P_{кВ-Н}$	94,31	%	Iсн	240	А
UкС-Н	6,26	%	$\Delta P_{кС-Н}$	81,39	%	Iнн	840	А
Iхх	0,49	%	ΔP_x	19,5	кВт			
Расчетные параметры<*>:								
UкВ	10,22	%	$\Delta P_{кВ}$	53,87	%	КтВ-Н	10,952	0,091
UкС	0,08	%	$\Delta P_{кС}$	40,95	%	КтВ-С	3,108	0,322
UкН	6,18	%	$\Delta P_{кН}$	40,44	%	КтС-Н	3,524	0,284

Согласно ПУЭ [2], для трансформаторов мощностью 6,3 МВА и более рекомендуется устанавливать следующие виды защит: газовая; продольная дифференциальная токовая без выдержки времени; токовая отсечка без выдержки времени, устанавливаемая со стороны питания и охватывающая часть обмотки трансформатора, если не предусматривается дифференциальная защита, максимальная токовая защита с комбинированным пуском напряжения или без него.

Для защиты трансформаторов в данной работе принят терминал ШЭ 2607- 041073. Шкафы типа ШЭ2607 041073 предназначены в качестве основной и резервной защиты трехобмоточного трансформатора, дополнительно содержат комплект автоматики и управления выключателем стороны ВН трансформатора [3, 4]. В табл. 4 показаны расчетные параметры защиты трансформатора.

Таблица 4

Типы устройств защиты	Ток срабатывания, кА	Время срабатывания, с	
		отключения	возврата
УРОВ	0,25	0,08	0,03
		ТЗНП вн	ТЗНП без АПВ
ТЗНП	1,836	0,4	0,8
		Время срабатывания, с	
МТЗ	1,155	0,4	

В качестве основной защиты линии 110 кВ с двухсторонним питанием согласно ПУЭ [2] от междуфазных коротких замыканий рекомендуется использовать направленные дистанционные защиты. Дистанционная защита, как и токовая, обычно выполняется трехступенчатой с относительной селективностью [3, 4]. В качестве дополнительных часто устанавливают максимальные токовые защиты без выдержки времени. Кроме того, в таких сетях возможна также установка дифференциальных защит (в частности, дифференциально-фазных).

На отходящих линиях 110 кВ «Волково – Ивановка», «Ивановка – Полевая» в качестве основного принимаем комплекты типа ШЭ 2607-021 [3, 4]. В табл. 5 показаны расчетные параметры защит линий.

При рассмотрении электрической схемы ПС «Ивановка» проведена модернизация комплекса релейной защиты. По рассчитанным токам короткого замыкания был произведен выбор типа релейной защиты трансформаторов и отходящих линий электропередач.

Таблица 5

Дистанционная защита	Z.сз.I, Ом	t.сз.I, с	t.сз.II, Ом	Z.сз.I, Ом	К.ч.II	Z.сз.III, Ом	t.сз.III, с	-
ВЛ «Волково – Ивановка»	17,87	0	0,5	31,637	1,316	135,5	5	-
ВЛ «Ивановка – Полевая»	13,146	0	0,5	23,4	1,306	135,548	5	-
ТЗНП	I.сз.I, кА	t.сз.I, с	I.сз.II, кА	t.сз.II, с	I.сз.III, кА	t.сз.III, с	I.сз.I, кА	t.сз.I, с
ВЛ «Волково – Ивановка»	3,2	0	0,715	0,5	0,341	3	0,209	3,5
ВЛ «Ивановка – Полевая»	4,52	0	0,66	0,5	0,517	3	0,165	3,5

1. Ванюков, А.П., Игнатъев, И.В. Электрический расчет районной сети: Учеб. пособие. – Братск.: БрГУ, 2006. – 80 с.

2. Правила устройства электроустановок. – Изд. 7-е, перераб. и доп.: Утверждено Минэнерго РФ. Приказ от 20 мая 2003г. № 187.

3. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2006. – 639 с.

4. Релейная защита и автоматика электрических систем: Методические указания по выполнению курсовой работы / сост. В.А. Попик. – Братск.: БрГТУ, 2005. – 45 с.