

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ СЕТЕЙ 6-10 кВ

В.С. Магера

Основу системы сельского электроснабжения составляют радиальные сети напряжением, 110, 35/10/0,4 кВ. Они характеризуются меньшей, чем городские сети, плотностью нагрузки, изменяющейся в широких пределах в зависимости от времени года. Распределение электроэнергии осуществляется преимущественно по воздушным линиям 6-10 кВ, выполняемыми часто стальными проводами.

Раздробленность сельских потребителей электроэнергии и их размещение на значительной территории определяют: большую протяженность сельских распределительных сетей при сравнительно малой передаваемой мощности; большое количество ответвлений, длина которых обычно больше длины линии, связывающей источник питания с наиболее удаленным потребителем электроэнергии; низкий уровень токов короткого замыкания — при удаленных коротких замыканиях и повреждениях за трансформаторами токи короткого замыкания оказываются соизмеримыми с токами нагрузки; необходимость секционирования сетей с целью повышения надежности электроснабжения — считается

целесообразной установка секционирующих аппаратов на ответвлениях длиной 2–8 км [1].

Появление новых и развитие существующих сельскохозяйственных объектов, расширение области применения электроэнергии, а также повышение требований к надежности и качеству электроснабжения предприятия предопределяет необходимость неуклонного развития электрических сетей 6-10 кВ сельскохозяйственного назначения на приоритетных началах.

Анализ причин аварий в распределительных сетях 6-10 кВ ОАО «Алтайэнерго», представленных в таблице 1, показывает, что основные нарушения работы электроустановок сопровождаются короткими замыканиями.

Основное число аварии приходится на воздушные линии электропередач. Воздушные линии менее надежны, чем кабельные, и в большей степени подвержены повреждениям [2].

Основными техническими направлениями по развитию, совершенствованию и повышению надежности сельских распределительных сетей является построение сетей 6-10 кВ по магистральному принципу с развитыми распределительными устройствами для

Таблица 1 – Анализ причин аварий в распределительных сетях 6-10 кВ ОАО «Алтайэнерго»

№ п/п	Причины повреждений	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.
		%	%	%	%	%
1	Штормовой ветер	41,44	39,88	30,99	37,09	36,06
2	Гроза	21,92	16,88	22,18	22,89	30,59
3	Не достаточная эксплуатация оборудования	19,49	14,66	18,18	15,37	9,14
4	Повреждение коммутационных аппаратов	0,48	6,14	0,41	0,35	0,28
5	Разрушение изоляторов ЛЭП	4,67	5,31	5,97	5,43	5,76
6	Наезд транспорта и механизмов	1,04	4,10	1,37	1,95	1,30
7	Схлестывание проводов	2,12	1,67	1,16	1,49	1,02
8	Гололед	1,44	1,54	1,32	1,41	1,35
9	Наброс на провода	1,06	1,20	1,37	1,43	1,47
10	Повреждение трансформаторов КТП	0,40	0,37	0,71	0,46	0,34
11	Износ линейной арматуры ЛЭП	0,81	0,99	0,35	0,65	0,45
12	Пробой изоляции	3,74	5,34	11,39	8,42	9,20
13	Падение деревьев	0,45	0,19	0,51	0,52	0,62
14	Пожар	0,93	0,56	1,87	1,29	0,85
15	Причина не установлена	0	1,17	2,23	1,25	1,58
	Всего	100	100	100	100	100

присоединения радиальных ответвлений, оснащение средствами сетевой автоматики (автоматическое повторное включение (АПВ), автоматическое включение резерва (АВР) и др.), внедрение комплектных устройств релейной защиты.

Как уже было сказано радиальная система распределения электроэнергии характерна отсутствием резерва, только в последнее время находят применение средства сетевой автоматики (например, реклоузеры), поэтому релейная защита должна обладать повышенной надежностью.

При большом разнообразии технических решений устройств релейных защит результаты их внедрения в эксплуатацию не дают положительного результата. На протяженных линиях с малыми удельными нагрузками простые виды защит не обладают достаточной чувствительностью к токам короткого замыкания. Современные разработки и исследования направлены на повышение чувствительности и надежности защит.

Для защиты линий 6-10 кВ от коротких замыканий согласно [3] должны предусматриваться два типа токовых защит: основная и резервная защиты.

Для защиты линий 6-10 кВ от коротких замыканий наиболее часто применяют устройства максимальной токовой защиты, выполненные на встроенных в привод выключателей реле прямого действия или индивидуальных токовых реле дешунтирующих при срабатывании электромагнит привода выключателя.

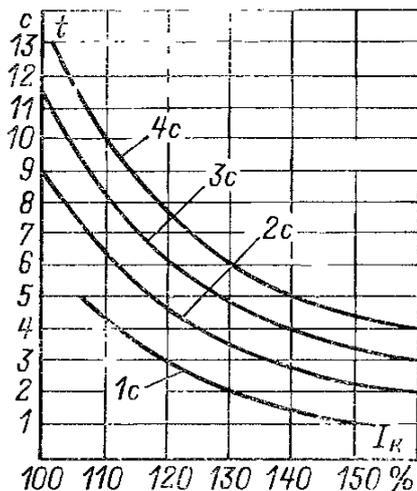


Рисунок 1 – Графики зависимости времени срабатывания встроенных реле максимального тока РТВ-I, РТВ-II, РТВ-III от тока I_k в процентах от тока уставки (цифрами указаны уставки по времени в независимой части кривых)

Для защиты линий 6-10 кВ в качестве основных применяются максимальные токовые защиты, выполненные на встроенных в привод выключателя реле прямого действия типов РТВ-I, РТВ-II, РТВ-III с крутыми характеристиками времени срабатывания (рисунок 1) и РТВ-IV, РТВ-V, РТВ-VI с пологими характеристиками (рисунок 2).

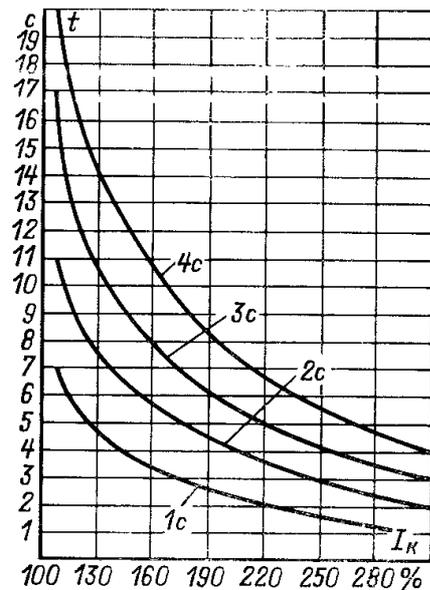


Рисунок 2 – Графики зависимости времени срабатывания встроенных реле максимального тока РТВ-IV, РТВ-V, РТВ-VI от тока I_k в процентах от тока уставки (цифрами указаны уставки по времени в независимой части кривых)

К недостаткам использования этих реле относятся: большой разброс токов и времени срабатывания, что приводит к невозможности надежного согласования действия устройств защиты, большая потребляемая мощность (таблица 2) [4,5].

Для исключения данных недостатков используются реле косвенного действия: электромагнитные серии РТ-40, РТ-140, индукционные серии РТ-80, РТ-90, полупроводниковые реле, дешунтирующие электромагнит привода выключателя и сигнализирующие о срабатывании защиты [5].

Параметры срабатывания токовых защит выбираются таким образом, чтобы обеспечить следующие условия:

- защиты не должны приходить в действие при прохождении по защищаемому элементу максимального тока нагрузки;
- защиты должны надежно действовать при коротких замыканиях на защищаемых участках и иметь коэффициент чувствительности не менее 1,5;

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ СЕТЕЙ 6-10 КВ

Таблица 2 – Технические данные реле РТВ

Вариант реле	Приводы типов ПП-61 и ПП-67			Выключатели Типа ВМП-10		
	Уставка тока, А	Потребляемая мощность, ВА, при якоре		Уставка тока, А	Потребляемая мощность, ВА, при якоре	
		опущенном	втянутом		опущенном	втянутом
РТВ-I и РТВ-IV	5	44	112	5	35	80
	6	36	101	6	40	84
	7,5	41	118	7	45,6	95
	10	40	113	8	45	92
				9	40,5	99
				10	46	97
РТВ-II и РТВ-V	10	40	114	10	45	75
	12	40	114	12	49	80,4
	15	44	125	14	53	82,5
	17,5	45	125	16	51	80
				18	49,5	82,9
				20	50	81
РТВ-III и РТВ-VI	20	37	107	20	44	74,5
	25	41	116	22	46	80,5
	30	44	126	24	49	85
	35	52	142	27	55	88
				30	60	96,3
				35	70	109

– резервные защиты должны иметь коэффициент чувствительности не менее 1,2 [3,6].

Для выполнения первого условия необходимо, чтобы

$$I_{в.з} = k_n k_3 I_{раб.мах}, \quad (1)$$

где k_n – коэффициент надежности отстройки (1,1-1,4); k_3 – коэффициент самозапуска, учитывающий пуск двигательной нагрузки (2-3); $I_{раб.мах}$ – максимальный рабочий ток головного участка.

Коэффициент возврата защиты выразим через токи возврата и срабатывания защиты:

$$k_6 = \frac{I_{в.з}}{I_{с.з}} \quad (2)$$

$$I_{в.з} = k_6 I_{с.з} \quad (3)$$

Коэффициент k_6 для различных типов реле принимает значения 0,68-0,98.

Подставив значение $I_{в.з}$ из выражения (3) в выражение (1) получится:

$$k_6 I_{с.з} = k_n k_3 I_{раб.мах} \quad (4)$$

Откуда ток срабатывания защиты равен:

$$I_{с.з} = \frac{k_n k_3}{k_6} I_{раб.мах} \quad (5)$$

Чувствительность защит оценивается коэффициентом чувствительности определяемый по формуле:

$$k_4 = \frac{I_{к.мин}}{I_{с.з}}, \quad (6)$$

где $I_{к.мин}$ – минимальный ток короткого замыкания.

Для выполнения условия $k_4 \geq 1,5$, необходимо выполнение следующего условия:

$$1,5 = \frac{I_{к.мин}}{I_{с.з}} \quad (7)$$

Из выражений (5) и (7) выразим $I_{к.мин}$:

$$I_{к.мин} = \frac{1,5 k_n k_3}{k_6} I_{раб.мах} \quad (8)$$

Подставив в выражение (8) значения всех коэффициентов имеем:

$$I_{к.мин} = (3,37 - 9,43) I_{раб.мах} \quad (9)$$

Для резервных защит $k_4 \geq 1,2$. Аналогично (7), (8):

$$I_{к. min} = (2,69 - 7,75) I_{раб. max}. \quad (10)$$

Таким образом, для обеспечения надежного срабатывания защит необходимо выполнение условий (9) и (10). Для сельских распределительных сетей 6-10 кВ, как уже говорилось, данные условия зачастую не выполняются, что приводит к не срабатыванию защит и как следствие развитие аварий, влекущие за собой разрушение оборудования, нарушению электроснабжения потребителей на период более допустимого.

Для повышения чувствительности защит сельских распределительных сетей 6-10 кВ необходимо:

- сокращение протяженности линий (разукрупнение) путем активного внедрение средств сетевой автоматики секционирования и резервирования;
- создание новых и совершенствование старых принципов построения защит;
- постоянно контролировать параметры срабатывания защит;

– создание защит с применением новейших технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика электроснабжения: Учеб. для вузов по спец. «Электроснабжение». – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1991. – С. 10.
2. Будзко И.А., Орехов А. И. Международная конференция по электрификации сельского хозяйства // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1997. – № 5. – М.: Энергия, 1997. – С. 42-45.
3. Правила устройства электроустановок по состоянию на 15 августа 2005 г. – 6-е и 7-е изд. (все действующие разделы). – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. – 854 с.
4. Чернобровов Н.В. Релейная защита. – М.: Энергия, 1974. – 680 с.
5. Шабад М.А. Максимальная оковая защита. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1991. – 96 с.
6. Справочник по проектированию электросетей в сельской местности / Э.Я. Гричевский, П.А. Катков, А.М. Карпенко и др.; П.А. Каткова, В.И. Франгуляна. – М.: Энергия, 1980. – С. 288-289.