Качество Инновации Технологии

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
КОМПЛЕКСНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Выбор параметров срабатывания релейной защиты двигателей в устройствах КИТ-Р

Методические указания

Содержание Лист

1 Расчет параметров срабатывания 5
1.1 Общие сведения 5
1.2 Проверка ТТ 5
1.3 Дифференциальная защита двигателя с торможением 6
1.4 Дифференциальная токовая отсечка 8
1.5 Предотвращение срабатывания ДЗД при насыщении трансформаторов тока 9
2 Параметрирование устройства 10
2.1 Устройство КИТ-Р-А4-ДЗД-01 10
3 Примеры расчета параметров срабатывания 11
Список литературы 14

Настоящие методические указания (далее – МУ) предназначены для ознакомления с методами расчета релейной защиты синхронных и асинхронных двигателей, выполненной на базе устройств микропроцессорной релейной защиты и автоматики КИТ-Р ТРБН.656122.001. Для иллюстрации методов расчета защиты даны примеры выбора параметров защиты и проверки чувствительности.

МУ носят рекомендательный характер.

Перед расчетом параметров срабатывания необходимо ознакомиться с руководством по эксплуатации на устройство микропроцессорное релейной защиты и автоматики с функциями релейной защиты двигателей.

На последней странице МУ располагается информация о регистрации изменений, где указаны история изменений настоящих МУ.

В тексте настоящих МУ применяются следующие сокращения и обозначения:

ДЗД – дифференциальная защита двигателя;

ДТО – дифференциальная токовая отсечка;

КЗ – короткое замыкание;

МУ – методические указания;

ПУЭ – правила устройства электроустановок;

ТТ – трансформатор тока.

1 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СРАБАТЫВАНИЯ

1.1 Общие сведения

Настоящие МУ соответствуют требованиям и рекомендациям, изложенным в ПУЭ [1].

В МУ приведена методика выбора параметров срабатывания релейной защиты двигателей 6 - 10 кВ.

Для иллюстрации методов расчета защиты даны примеры выбора параметров защиты и проверки чувствительности.

1.2 Проверка ТТ

1.2.1 Проверка ТТ на допустимую погрешность выполняется в соответствие с методическими указаниями «МУ Требования к трансформаторам тока». В настоящих МУ выполняется проверка ТТ по условию допустимой погрешности устройства релейной защиты (таблица 1.1).

1.2.2 В номинальном режиме работы силового трансформатора вторичные токи ТТ должны быть в заданном диапазоне от 0,75 до 5,00 А для обеспечения точной работы защиты.

Таблица 1.1 – Проверка ТТ

Параметр	Расчетное условие	Расчетное выражение
Вторичный ток ТТ в номинальном режиме		
Коэффициент трансформации ТТ		$n_T = \frac{I_{1\ ном\ ТТ}}{I_{2\ ном\ ТТ}}$ где $I_{1\ ном\ ТТ}$ - номинальный первичный ток ТТ, А; $I_{2\ ном\ ТТ}$ - номинальный вторичный ток ТТ, А.
Вторичный ток ТТ в номинальном режиме, А		$I_{2\ ном} = \frac{I_{ном}}{n_T}$ где $I_{ном}$ – номинальный первичный ток статора, А; n_T – коэффициент трансформации ТТ.
	Проверка ТТ по условию допустимой погрешности устройства	$0{,}75\ А < I_{2\ ном} < 5{,}00\ А$ где $I_{2\ ном}$ - вторичный ток ТТ в номинальном режиме, А.

1.3 Дифференциальная защита двигателя с торможением

1.3.1 ДЗД является основной защитой двигателей от внутренних повреждений. Согласно ПУЭ [1] дифференциальная защита должна применяться обязательно на двигателях мощностью больше 5 МВт, но может применяться и на двигателях меньшей мощности, если токовая отсечка не удовлетворяет требованиям по чувствительности.

1.3.2 В ДЗД используется торможение от сквозного тока, протекающего через защищаемый объект. Уставка срабатывания ДЗД повышается при увеличении сквозного тока. Характеристика срабатывания ДЗД отстраивается от тока небаланса в установившемся нагрузочном режиме и в режиме установившегося КЗ. Характеристика срабатывания ДЗД приведена на рисунке 1.1.

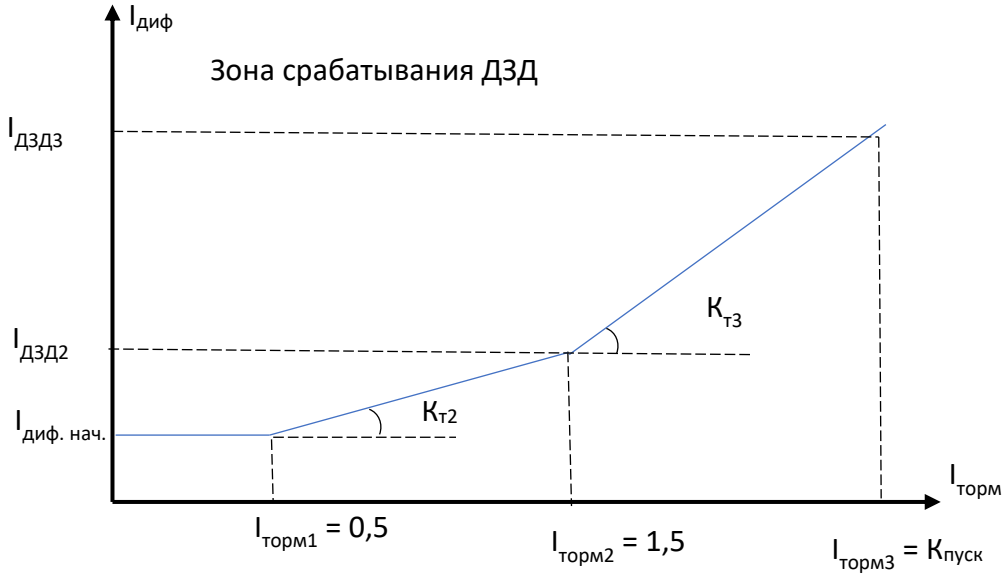


Рисунок 1.1 – Характеристика срабатывания ДЗД

1.3.3 Для предотвращения срабатывания ДЗД при насыщении трансформаторов тока предусмотрены:

- детектор насыщения трансформаторов тока. Детектор насыщения выявляет повышение тока торможения до величины 1,5 ном при одновременном отсутствии дифференциального тока (меньше 0,5 ном) и блокирует ДЗД на 0,5 секунды. Минимально необходимое время до насыщения ТТ для обеспечения правильной работы ДЗД - 4 мс;

- пофазная блокировка ДЗД по второй гармонике дифференциального тока (программный ключ «Бл. ДЗД по 2 гарм.»).

1.3.4 Расчет уставок ДЗД приведен в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Расчет параметров срабатывания ДЗД

Параметр	Расчетное условие	Расчетное выражение
Начальный ток срабатывания ДЗД, о.е.	Отстройка от тока небаланса при токе 0,5 Iном	$I_{ДЗД\ нач}=k_{отс}\cdot(\varepsilon_{пер}+\gamma)\cdot I_{торм1}$ где $k_{отс}$ =1,5- коэффициент отстройки; $\varepsilon_{пер}$= 0,1 - относительная полная погрешность ТТ в установившемся режиме КЗ; γ=0,03 - относительная погрешность цифрового выравнивания токов плеч; $I_{торм}$= 1,5 – значение тока торможения, о.е.
	Значение должно быть не менее 0,2	$I_{ДЗД\ нач}=\max(0,2;\ I_{ДЗД\ нач})$

Продолжение таблицы 1.2

Параметр	Расчетное условие	Расчетное выражение
Ток срабатывания ДЗД, о.е.	Отстройка от тока небаланса при токе 1,5 Iном	$I_{ДЗД2}=k_{отс}\cdot(\varepsilon_{пер}+\gamma)\cdot I_{торм2}$ где $k_{отс}$=1,5 - коэффициент отстройки; $\varepsilon_{пер}$=0,1 - относительная полная погрешность ТТ в установившемся режиме КЗ; γ=0,03 - относительная погрешность цифрового выравнивания токов плеч; $I_{торм2}$= 1,5 – значение тока торможения, о.е.
Коэффициент торможения второго участка		$К_{т2}=\frac{I_{ДЗД2}-I_{ДЗД\ нач}}{I_{торм2}-I_{торм1}}$ где $I_{ДЗД2}$ - ток срабатывания ДЗД $I_{ДЗД2}$, о.е.; $I_{ДЗД\ нач}$ – начальный ток срабатывания ДЗД, о.е.; $I_{торм2}$ = 1,5 – значение тока торможения, о.е.; $I_{торм1}$ =0,5 – значение тока торможения, о.е.
Ток срабатывания ДЗД, о.е.	Отстройка от тока небаланса при пуске двигателя	$I_{ДЗД3}=k_{отс}\cdot(\varepsilon_{пер}+\gamma)\cdot К_{пуск}$ где $k_{отс}$=1,5 - коэффициент отстройки; $\varepsilon_{пер}$= 0,1 - относительная полная погрешность ТТ в установившемся режиме КЗ; γ=0,03 - относительная погрешность цифрового выравнивания токов плеч; $К_{пуск}$ - кратность пускового тока.
Коэффициент торможения третьего участка		$К_{т3}=\frac{I_{ДЗД3}-I_{ДЗД2}}{К_{пуск}-I_{торм2}}=\frac{1,3-0,29}{6,69-1,5}=0,19$ где $I_{ДЗД3}$=5,9 – ток срабатывания ДЗД, о.е.; $I_{ДЗД2}$ = 0,65– ток срабатывания ДЗД, о.е.; $К_{пуск}$ = 6,69 - кратность пускового тока; $I_{торм2}$ = 1,5 – значение тока торможения, о.е.
	Значение должно быть не менее 0,3	$К_{т3}=\max(0,3;\ К_{т3})=0,3$

1.4 Дифференциальная токовая отсечка

1.4.1 ДТО является вспомогательным элементов ДЗД и срабатывает без дополнительных блокировок при превышении дифференциальным током уставки срабатывания.

1.4.2 ДТО предназначена для быстрого и селективного отключения КЗ со значительным дифференциальным током в зоне действия защиты. ДТО отстраивается от максимального небаланса при пуске двигателя. Максимальный ток небаланса возникает при насыщении ТТ апериодической составляющей пускового тока.

1.4.3 Расчет уставок ДТО приведен в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Расчет параметров срабатывания ДТО

Параметр	**Расчетное условие**	**Расчетное выражение**
Ток срабатывания ДТО, о.е.	Отстройка от тока небаланса при пуске двигателя	$I_{ДТО}=k_{отс}\cdot(\varepsilon_{апер}+\gamma)\cdot K_{пуск}$ где $k_{отс}$= 1,2 - коэффициент отстройки; $\varepsilon_{апер}$= 0,7 – относительная полная погрешность ТТ в переходном режиме; γ=0,03 – относительная погрешность цифрового выравнивания токов плеч; $K_{пуск}$ – кратность пускового тока.

1.5 Предотвращение срабатывания ДЗД при насыщении трансформаторов тока

1.5.1 Для предотвращения срабатывания ДЗД при насыщении трансформаторов тока предусмотрены:

- детектор насыщения трансформаторов тока. Детектор насыщения выявляет повышение тока торможения до величины 1,5 ном при одновременном отсутствии дифференциального тока (меньше 0,5 ном) и блокирует ДЗД на 0,5 секунды. Минимально необходимое время до насыщения ТТ для обеспечения правильной работы ДЗД - 4 мс;

- пофазная блокировка ДЗД по второй гармонике дифференциального тока (программный ключ «Бл. ДЗД по 2 гарм.»).

1.5.2 Основным способом предотвращения срабатывания ДЗД при насыщении ТТ является детектор насыщения. Блокировка по второй гармонике вводится, если по результатам эксплуатации выявлена случаи отказа детектора насыщения.

1.5.3 Рекомендации по выбору уставок блокировки по второй гармонике и детектора насыщения приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Блокировка по второй гармонике

Параметр	**Расчетное условие**	**Расчетное выражение**
Уставка по времени блокирования ДЗД от детектора насыщения	Блокирование ДЗД на время насыщения ТТ	$T_{блок}$ = 0,5 с
Ток срабатывания блокировки по второй гармонике, о.е.		$I_{2г.}$=0,15

2 ПАРАМЕТРИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА

2.1 Устройство КИТ-Р-А4-ДЗД-01

2.1.1 В таблице 2.1 приводится соответствие рассчитанных параметров и уставок в устройстве КИТ-Р-А4-ДЗД-01.

Таблица 2.1 – Уставки для ввода в устройство КИТ-Р-А4-ДЗД-01

Наименование уставки	Диапазон изменения	Значение по умолчанию	Комментарий	Значение для группы уставок
Коэффициенты трансформации				
K IA ВВ, K IB ВВ, K IC ВВ	1 – 3000	1	Коэффициент трансформации ТТ со стороны ввода	n_T
K IA НВ, K IB НВ, K IC НВ	1 – 3000	1	Коэффициент трансформации ТТ со стороны нулевых выводов	n_T
Общие уставки				
Дв.Iном	5 – 10000	5	Номинальный первичный ток двигателя, А	$I_{ном}$
ДЗД				
Ввод ДТО	☐ – ☑	☐	Ввод ДТО	☑
ДТО I>	3,00 – 30,00	10,00	Уставка по току срабатывания ДТО, ном	$I_{ДТО}$
Ввод ДЗД	☐ – ☑	☐	Ввод ДЗД	☑
ДЗД Iдиф.нач.	0,20 – 1,50	0,30	Уставка по начальному току срабатывания ДЗД, ном	$I_{ДЗД\ нач}$
ДЗД Кторм2	0,00 – 0,50	0,20	Уставка по коэффициенту торможения второго участка характеристики торможения ДЗД	$К_{т2}$
ДЗД Кторм3	0,30 – 1,20	0,50	Уставка по коэффициенту торможения третьего участка характеристики торможения ДЗД	$К_{т3}$
Бл. ДЗД по 2 гарм.	☐ – ☑	☐	Ввод блокировки ДЗД по второй гармонике дифференциального тока	☐
ДЗД 2г>	0,10 – 0,30	0,15	Уставка блокировки по второй гармонике ДЗД	$I_{2г.}$
ДЗД Тблок	0,10 – 2,00	0,50	Уставка по времени блокирования ДЗД от детектора насыщения	$Т_{блок}$

3 ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СРАБАТЫВАНИЯ

3.1.1 В таблице 3.1 приведены исходные данные для расчета релейной защиты двигателя. Расчет параметров срабатывания приведен в таблице 3.2. Параметры срабатывания для ввода в устройство в таблице 3.3.

Таблица 3.1 – Исходные данные

Параметр	Обозначение	Значение
Двигатель		
Номинальная активная мощность двигателя, кВт	$P_{ном}$	4000
Номинальное напряжение двигателя, кВ	$U_{ном}$	10
Номинальный первичный ток статора, А	$I_{ном}$	265
Кратность пускового тока	$K_{пуск}$	6,69
Трансформаторы тока		
Номинальный первичный ток ТТ, А	$I_{1\ ном\ ТТ}$	400
Номинальный вторичный ток ТТ, А	$I_{2\ ном\ ТТ}$	5

Таблица 3.2 – Расчет параметров срабатывания

Параметр	Расчетное условие	Расчетное выражение
Вторичный ток ТТ в номинальном режиме		
Коэффициент трансформации ТТ		$n_T = \frac{I_{1\ ном\ ТТ}}{I_{2\ ном\ ТТ}} = \frac{400}{5} = 80$ где $I_{1\ ном\ ТТ}$ - номинальный первичный ток ТТ, А; $I_{2\ ном\ ТТ}$ - номинальный вторичный ток ТТ, А.
Вторичный ток ТТ в номинальном режиме, А		$I_{2\ ном} = \frac{I_{ном}}{n_T} = \frac{265}{80} = 3{,}31$ где $I_{ном}$=265 – номинальный первичный ток статора, А; n_T=80 – коэффициент трансформации ТТ.
	Проверка ТТ по условию допустимой погрешности устройства	0,75 А < $I_{2\ ном}$ =3,31 А < 5,00 А – проверка пройдена
Дифференциальная защита двигателя		
Начальный ток срабатывания ДЗД, о.е.	Отстройка от тока небаланса при токе 0,5 Iном	$I_{ДЗД\ нач} = k_{отс} \cdot (\varepsilon_{пер} + \gamma) \cdot I_{торм1} = 1{,}5 \cdot (0{,}1 + 0{,}03) \cdot 0{,}5 = 0{,}1$ где $k_{отс}$ =1,5- коэффициент отстройки; $\varepsilon_{пер}$= 0,1 - относительная полная погрешность ТТ в установившемся режиме КЗ; γ=0,03 - относительная погрешность цифрового выравнивания токов плеч; $I_{торм}$= 1,5 – значение тока торможения, о.е.
	Значение должно быть не менее 0,2	$I_{ДЗД\ нач}$=max(0,2;0,1)=0,2
Ток срабатывания ДЗД, о.е.	Отстройка от тока небаланса при токе 1,5 Iном	$I_{ДЗД2} = k_{отс} \cdot (\varepsilon_{пер} + \gamma) \cdot I_{торм2} = 1{,}5 \cdot (0{,}1 + 0{,}03) \cdot 1{,}5 = 0{,}29$ где $k_{отс}$=1,5 - коэффициент отстройки; $\varepsilon_{пер}$= 0,1 - относительная полная погрешность ТТ в установившемся режиме КЗ; γ=0,03 - относительная погрешность цифрового выравнивания токов плеч; $I_{торм2}$= 1,5 – значение тока торможения, о.е.
Коэффициент торможения второго участка		$K_{т2} = \frac{I_{ДЗД2} - I_{ДЗД\ нач}}{I_{торм2} - I_{торм1}} = \frac{0{,}29 - 0{,}2}{1{,}5 - 0{,}5} = 0{,}09$ где $I_{ДЗД2}$ =0,29- ток срабатывания ДЗД $I_{ДЗД2}$, о.е.; $I_{ДЗД\ нач}$ =0,2 – начальный ток срабатывания ДЗД, о.е.; $I_{торм2}$ = 1,5 – значение тока торможения, о.е.; $I_{торм1}$ =0,5 – значение тока торможения, о.е.

Продолжение таблицы 3.2

Параметр	Расчетное условие	Расчетное выражение
Ток срабатывания ДЗД, о.е.	Отстройка от тока небаланса при пуске двигателя	$I_{ДЗД3}=k_{отс}\cdot(\varepsilon_{пер}+\gamma)\cdot K_{пуск}=1,5\cdot(0,1+0,03)\cdot 6,69=1,3$ где $k_{отс}=1,5$ - коэффициент отстройки; $\varepsilon_{пер}=0,1$ - относительная полная погрешность ТТ в установившемся режиме КЗ; $\gamma=0,03$ - относительная погрешность цифрового выравнивания токов плеч; $K_{пуск}=6,69$ - кратность пускового тока.
Коэффициент торможения третьего участка		$K_{т3}=\frac{I_{ДЗД3}-I_{ДЗД2}}{K_{пуск}-I_{торм2}}=\frac{1,3-0,29}{6,69-1,5}=0,19$ где $I_{ДЗД3}=5,9$ – ток срабатывания ДЗД, о.е.; $I_{ДЗД2}=0,65$– ток срабатывания ДЗД, о.е.; $K_{пуск}=6,69$ - кратность пускового тока; $I_{торм2}=1,5$ – значение тока торможения, о.е.
	Значение должно быть не менее 0,3	$K_{т3}=\max(0,3;0,19)=0,3$
Дифференциальная токовая отсечка		
Ток срабатывания ДТО, о.е.	Отстройка от тока небаланса при пуске двигателя	$I_{ДТО}=k_{отс}\cdot(\varepsilon_{апер}+\gamma)\cdot K_{пуск}=1,2\cdot(0,7+0,03)\cdot 6,69=5,86$ где $k_{отс}=1,2$ - коэффициент отстройки; $\varepsilon_{апер}=0,7$ – относительная полная погрешность ТТ в переходном режиме; $\gamma=0,03$ - относительная погрешность цифрового выравнивания токов плеч; $K_{пуск}=6,69$ - кратность пускового тока.

Таблица 3.3 – Уставки для ввода в устройство КИТ-Р-А4-ДЗД-01

Наименование уставки	Диапазон изменения	Значение по умолчанию	Комментарий	Значение для группы уставок
Коэффициенты трансформации				
K IA ВВ, K IB ВВ, K IC ВВ	1 – 3000	1	Коэффициент трансформации ТТ со стороны ввода	80
K IA НВ, K IB НВ, K IC НВ	1 – 3000	1	Коэффициент трансформации ТТ со стороны нулевых выводов	80
Общие уставки				
Дв.Iном	5 – 10000	5	Номинальный первичный ток двигателя, А	265
ДЗД				
Ввод ДТО	☐ – ☑	☐	Ввод ДТО	☑
ДТО I>	3,00 – 30,00	10,00	Уставка по току срабатывания ДТО, ном	5,86
Ввод ДЗД	☐ – ☑	☐	Ввод ДЗД	☑
ДЗД Iдиф.нач.	0,20 – 1,50	0,30	Уставка по начальному току срабатывания ДЗД, ном	0,20
ДЗД Кторм2	0,00 – 0,50	0,20	Уставка по коэффициенту торможения второго участка характеристики торможения ДЗД	0,09
ДЗД Кторм3	0,30 – 1,20	0,50	Уставка по коэффициенту торможения третьего участка характеристики торможения ДЗД	0,30
Бл. ДЗД по 2 гарм.	☐ – ☑	☐	Ввод блокировки ДЗД по второй гармонике дифференциального тока	☐
ДЗД 2г>	0,10 – 0,30	0,15	Уставка блокировки по второй гармонике ДЗД	0,15
ДЗД Тблок	0,10 – 2,00	0,50	Уставка по времени блокирования ДЗД от детектора насыщения	0,5

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок. Шестое издание.

Изменения в документе

№ изм.	Номера измененных страниц	Дата изменения	Комментарий
-	-	20.11.2024	Исходная версия/редакция
1	5, 11	20.11.2024	Изменен ввод коэффициентов трансформации