

Типовые материалы для проектирования  
407-03-555.90

СХЕМЫ И НИЗКОВОЛЬТНЫЕ КОМПЛЕКТНЫЕ  
УСТРОЙСТВА ФИКСАЦИИ ПЕРЕГРУЗКИ ЭЛЕКТРО-  
ПЕРЕДАЧИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ШКАФА ШП 2702

АЛЬБОМ I  
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

13778 ТМ/1

ШП № 15561

Типовые материалы для проектирования  
407-03-555.90

СХЕМЫ И НИЗКОВОЛЬТНЫЕ КОМПЛЕКТНЫЕ  
УСТРОЙСТВА ФИКСАЦИИ ПЕРЕГРУЗКИ ЭЛЕКТРО-  
ПЕРЕДАЧИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ШКАФА ШП 2702

АЛЬБОМ I

ПЕРЕЧЕНЬ АЛЬБОМОВ

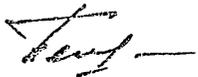
- Альбом I. Пояснительная записка
- Альбом II. Схемы принципиальные
  - Часть I
  - Часть 2
- Альбом III. Схемы полные и низковольтные  
комплектные устройства

Разработаны институтом  
"Энергосетьпроект"

Утверждены и введены  
в действие Минэнерго СССР

Протокол № 50 от 27 августа  
1990 г.

Заместитель главного  
инженера института



С.Я.Петров

Главный инженер проекта



И.З.Глускин

13778ТМ/1 л. 1/57

Шиб. № 15861

СОДЕРЖАНИЕ АЛЬБОМА I

	Стр.
I. ВВЕДЕНИЕ . . . . .	4
2. Общая характеристика устройств фиксации аварийной перегрузки электропередачи по активной мощности . . . . .	7
3. Выбор параметров срабатывания устройств . . . . .	10
3.1. Выбор параметров срабатывания устройства фиксации статической перегрузки для двухмашинных схем сети . . . . .	10
3.2. Выбор параметров срабатывания устройства фиксации статической перегрузки для трехмашинных схем сети . . . . .	14
3.3. Выбор параметров срабатывания устройства фиксации динамической перегрузки для двухмашинных схем сети . . . . .	17
3.4. Выбор параметров срабатывания блокирующих органов устройства фиксации динамической перегрузки . . . . .	21
4. Структурные схемы устройств фиксации перегрузки . . . . .	24
4.1. Структурные схемы устройства фиксации статической перегрузки для двухмашинных схем сети . . . . .	24
4.2. Структурные схемы устройства фиксации статической перегрузки для трехмашинных схем сети . . . . .	25
4.3. Структурные схемы устройства фиксации динамической перегрузки для двухмашинных схем сети . . . . .	26
4.4. Структурная схема устройства фиксации статической и динамической перегрузки . . . . .	27
5. Принципиальные схемы устройств фиксации перегрузки . . . . .	28
5.1. Принципиальные схемы устройств фиксации статической перегрузки . . . . .	28

Инв. № подл. Подпись и дата Взам. инв. №  
13778ТМ

13778ТМ / 1 1 2 / 57

эл. I

	Стр.
5.2. Принципиальные схемы устройств фиксации динамической перегрузки . . . . .	31
5.3. Принципиальная схема устройства фиксации статической и динамической перегрузки . . . . .	32
Приложение 1. Устройство фиксации перегрузки с использованием шкафа автоматики типа ШП2702 . . . . .	34
Приложение 2.	
П.2. Пример расчета параметров настройки устройства фиксации перегрузки на базе шкафа ШП 2702	
П.2.1. Расчет устройства фиксации статической перегрузки . . . . .	40
П.2.2. Расчет устройства фиксации динамической перегрузки . . . . .	43
П.2.3. Расчет устройства блокировки по сбросу мощности . . . . .	52
П.2.4. Расчет устройства блокировки по скорости изменения мощности . . . . .	53
Перечень литературы . . . . .	56

Инв. № 13778 ТМ / Подпись и печать специалиста № 13778 ТМ

13778 ТМ / 1 . 3 / 57

407-03-555.90

ИЛСТ



эл. I

Предельная по условию статической устойчивости мощность даже для простейшей двухмашинной схемы (здесь и в дальнейшем под понятиями двухмашинная и трехмашинная схема сети понимается схема сети в общем случае многомашинная, но которая для целей управления может быть эквивалентирована соответственно двух или трехмашинной) зависит от многих параметров, которые могут меняться в зависимости от режима и схемы сети и которые <sup>не</sup> могут быть измерены в месте установки устройства, в том числе: ЭДС эквивалентных генераторов, постоянные инерции эквивалентных генераторов, характеристики нагрузок. Влияние этих факторов на величину предела статической и динамической устойчивости может составлять 10-20%. Некоторые из этих параметров могут быть учтены, например, ЭДС по напряжению в месте установки устройства и падению напряжения от потоков активной и реактивной мощности на сопротивлениях от места установки устройства до ЭДС эквивалентных генераторов. Однако методы учета всех этих факторов не исследованы и не могут служить основой для типизации. Кроме того, промышленная аппаратура (шкаф ШП2702) имеет в своем составе только датчики активной мощности и не позволяет реализовать более сложные зависимости предела пропускной способности, чем линейная комбинация двух мощностей для устройства фиксации статической перегрузки и двух мощностей, производной и исходной мощности, для фиксации динамической перегрузки. Это накладывает определенные ограничения на использование устройств фиксации перегрузки по мощности. В схемах, в которых учет влияния неизмеряемых параметров на величину фиксируемого предела требует увеличения запаса до величины, которая ограничивает пропускную способность электропередачи в нормальном режиме ниже  $P_{пр}^{ст} / 1,2$  это устройство не может быть использовано, и для фиксации перегрузки должны быть использованы другие принципы.

Методика настройки устройства фиксации перегрузки разработана на основе работ л. 9, л. 12, л. 13, приведенных в перечне литературы. Схемы устройств фиксации перегрузки разработаны на основе проектных работ по конкретным объектам, выполненным в институте "Энергосетьпроект".

В настоящее время в "Энергосетьпроект" ведутся научно-исследовательские работы по разработке новых принципов фиксации перегрузки и разработке технических требований к новым микропроцессорным устройствам, позволяющим реализовать эти новые принципы. Работы

13748 ТМ / 1 л. 5 / 57

407-03-555.90

лист

2

инв. № подл. / подпись и дата выдачи

13778 ТМ

ал. I

ведутся в рамках отраслевого заказа и договоров с заказчиками по конкретным объектам. Их окончание с выпуском головных образцов устройства планируется на 1993-94 гг.

После появления новой аппаратуры или после модернизации выпускаемой, типовые решения должны быть пересмотрены.

Имя, №, позв./корпус и дата изготовления  
13778ТМ

13778ТМ/1 л. 6/57

407-(3-555.90

Лист

3

ал. I

## 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УСТРОЙСТВ ФИКСАЦИИ АВАРИЙНОЙ ПЕРЕГРУЗКИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПО АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Под статической перегрузкой электропередачи понимается возникновение режима энергосистемы, предельного по условию статической устойчивости, т.е. выход режима на границу области статической устойчивости.

Под динамической перегрузкой электропередачи понимается достижение параметрами переходного процесса после возникновения аварийного небаланса мощности в энергосистеме значений, опасных для динамической устойчивости, т.е. выход процесса на границу области динамической устойчивости.

Устройства, фиксирующие перегрузку электропередачи, в основном, предназначаются для действия при возникновении аварийных небалансов мощности в энергосистемах, которые весьма затруднительно зафиксировать непосредственно по возмущению.

Различаются три вида аварийного небаланса мощности:

1) отключение части генераторов, ведущее более всего к изменению генерирующей мощности и постоянной инерции поврежденной части энергосистемы;

2) отключение части нагрузки, обычно незначительно влияющее на постоянную инерции;

3) деление энергосистемы на части или отключение межсистемной связи, которое может приводить как к избытку, так и к дефициту мощности, и в этом случае сопровождающееся значительным изменением постоянной инерции.

Сравнительно просто можно зафиксировать только третий вид небаланса. Однако из-за трудности передачи аварийной информации на большие расстояния и в третьем случае, как и в первых двух, используется факт перегрузки электропередачи.

Первым и минимальным требованием, которое может быть предъявлено к устройству, фиксирующему перегрузку электропередачи, является требование о фиксации аварийной перегрузки вне зависимости от ее вида и величины.

Повышение избирательности устройства может быть достигнуто путем введения блокировки при возникновении тех возмущений, которые могут быть зафиксированы излишне. Введение блокировки особенно важно в тех случаях, когда при действии пускового органа, перегрузки

13778ТМ/1 л. 7/57

407-03-555.90

Лист

4

Инв. № подл. Подпись и дата. 13778ТМ

ал. I

применяются существенно другие управляющие воздействия, чем при действии других пусковых органов.

Вторым является требование о фиксации только такой аварийной перегрузки электропередачи, которая создает опасность нарушения устойчивости, и несрабатывания в нормальном режиме.

Третьим является требование о том, чтобы устройства, фиксирующие аварийную перегрузку передачи, давали информацию о величине аварийного небаланса мощности. Тогда с помощью обычных устройств дозировки, подобно тому, как это делается, например, при аварийном отключении линии, может быть определена опасность возмущения и интенсивность управляющих воздействий.

Следовательно, устройство фиксации перегрузки по мощности предназначено для:

- фиксации достижения текущей мощностью по связи заданного значения, характеризующего режим энергосистемы, предельный по условию статической устойчивости;
- фиксации достижения скоростью изменения передаваемой мощности по связи заданного значения, автоматически устанавливаемого в зависимости от исходной передаваемой мощности и соответствующего переходному процессу в энергосистеме при заданном аварийном дефиците мощности в приемной части энергосистемы;
- автоматического определения интенсивности переходного процесса для дозировки управляющих воздействий.

Сигнал о срабатывании пускового органа поступает в устройство автоматической дозировки управляющих воздействий, которое решает задачу автоматического определения управляющих воздействий, необходимых для сохранения устойчивости при аварийном дефиците, соответствующем ступени срабатывания <sup>устройства</sup> с учетом тяжести исходного режима и схемы сети. Для каждой ступени устройства фиксации статической перегрузки назначается определенная величина аварийного дефицита. При передаваемой мощности в исходном режиме ( $P^1$ ), меньшей, чем мощность планируемого режима, аварийный дефицит мощности для первой ступени принимается равным мощности двух самых крупных блоков станции в системе. При  $P^1$  больше, чем в планируемом режиме, аварийный дефицит мощности принимается равным мощности одного блока станции. Для второй ступени аварийный дефицит мощности принимается равным максимальному расчетному (л.7). Режим,

13448 TM / 1 1 8/54

407-03-555.90

5

Исп. № подл. Подпись и дата. Служба ИТР

1978 TM

Лист

эл.1

ограничивающий зону режимов, существующих свыше 70% времени, называется в данной работе планируемым. Для дозировки управляющих воздействий при срабатывании первой и второй ступеней динамической перегрузки величина аварийного дефицита рассчитывается в устройстве автоматической дозировки исходя из тяжести исходного режима и скорости изменения передаваемой мощности. Принцип определения аварийного дефицита для ступеней устройства динамической перегрузки описан в разделе 3.3. По величине аварийного дефицита мощности в устройстве АДВ рассчитывается наброс на связь и по набросу определяется необходимый объем управляющих воздействий (УВ).

Днев. № подл. Подпись и дата  
13778 ТМ

13778 ТМ / 1 л. 9 / 57

407-03-555.90

Лист

6

эл. I

### 3. ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ СРАБАТЫВАНИЯ УСТРОЙСТВ ФИКСАЦИИ СТАТИЧЕСКОЙ ПЕРЕГРУЗКИ И ДИНАМИЧЕСКОЙ ПЕРЕГРУЗКИ.

#### 3.1. Выбор параметров срабатывания устройства фиксации статической перегрузки для двухмашинных схем сети.

Режим статической перегрузки может возникнуть при аварийном небалансе мощности в энергосистеме в результате действия регуляторов скорости.

Предельное значение мощности зависит от мощности отборов и мощности в сечении, связанном с исследуемым. В общем случае характеристика срабатывания устройства имеет вид:

$$\sum_{i=1}^n K_i P_i \geq P_{с.у.} \quad (1)$$

где  $P_i$  - передаваемая мощность по  $i$  связи или отбору,  
 $K_i$  - коэффициент наклона характеристики

$$P_{ср}^{ст} = f(P_i);$$

$P_{с.у.}$  - мощность срабатывания устройства,

$i$  - номер связи,

$n$  - количество рассматриваемых связей.

Возможный вид угловых характеристик мощности для двухмашинной схемы сети показан на рис. I листа 2.

Мощность срабатывания ступени фиксации статической перегрузки определяется отстройкой от мощности, предельной по условию статической устойчивости

$$P_{с.у.} = \frac{P_{ср}^{ст}}{K_{II} \cdot K_{II} \cdot K_{Ч}} \quad (2)$$

где  $P_{с.у.}$  - мощность срабатывания ступени фиксации статической перегрузки;

$P_{ср}^{ст}$  - предельная передаваемая мощность по условию статической устойчивости;

$K_{II}$  - коэффициент погрешности, учитывающий возможное увеличение мощности срабатывания из-за погрешности аппарату-

13778тм/1 л 10/57

ал. I

ры измерения и фиксации активной мощности,  
(  $K_{II} = 1,03$ );

$K_H$  - коэффициент надежности, учитывающий неточность расчетов (  $K_H = 1,05 \div 1,1$ );

$K_{\text{ч}}$  - коэффициент чувствительности измерительного органа при использовании датчиков среднего значения мощности на принципе широтно-импульсной и амплитудной модуляции и реагирующих органов на операционных усилителях (  $K_{\text{ч}} = 1,02$ ).

При  $K_{II} = 1,03$ ,  $K_H = 1,05$  и  $K_{\text{ч}} = 1,02$

$$P_{\text{с.у.}} = \frac{P_{\text{пр}}^{\text{СТ}}}{1,02 \cdot 1,03 \cdot 1,05} = 0,90 P_{\text{пр}}^{\text{СТ}}$$

Устройство с такой уставкой не будет срабатывать в нормальном режиме, не превышающем

$$P_{\text{раб.макс.}} = \frac{P_{\text{с.у.}} \cdot K_B}{K_{II}} \quad (3)$$

где  $K_B$  - коэффициент возврата устройства равный 0,98.

При  $K_{II} = 1,03$  и  $K_B = 0,98$

$$P_{\text{раб.макс.}} \leq \frac{0,90 P_{\text{пр}}^{\text{СТ}} \cdot 0,98}{1,03} = 0,85 P_{\text{пр}}^{\text{СТ}}$$

Таким образом устройство не ограничивает нормальные режимы с нормальным запасом 20%

$$P_{\text{раб.макс.}} \leq \frac{P_{\text{пр}}^{\text{СТ}}}{1,2} = 0,83 P_{\text{пр}}^{\text{СТ}}$$

Вместе с тем в послеаварийных режимах, допускающих снижение запаса до 8%, устройство не может быть использовано, т.е. при

$$P_{\text{раб.макс.}}(\text{па}) \leq \frac{P_{\text{пр}}^{\text{СТ}}}{1,08} = 0,93 P_{\text{пр}}^{\text{СТ}}$$

должно выводиться из работы на время существования таких режимов.

Для двухмашинной схемы с постоянным отбором мощности условия работы устройства облегчаются при измерении контролируемого значе-

13778ТМ / 1 л 11/57

Инв. № подл. / Подпись и дата / Исполн. № 13778ТМ

ал. I

ния мощности за отбором, т.е. со стороны приемной энергосистемы.

За отбором максимальная мощность рабочего режима

$$P_{\text{раб.макс.}} = \frac{P_{\text{пр2}}^{\text{СТ}}}{I,2} - P_{\text{H}} .$$

Мощность в режиме, предельном по статической устойчивости,

$$P_{\text{прБ}}^{\text{СТ}} = P_{\text{пр2}}^{\text{СТ}} - P_{\text{H}} .$$

тогда

$$\frac{P_{\text{пр1}}^{\text{СТ}}}{P_{\text{раб.макс.}}} = I,2 \frac{P_{\text{пр2}}^{\text{СТ}} - P_{\text{H}}}{P_{\text{пр2}}^{\text{СТ}} - I,2 P_{\text{H}}} .$$

Таким образом, запас в максимальном рабочем режиме превышает 20%.

При реверсивном перетоке мощности между двумя энергосистемами в цепочечных и кольцевых схемах сети с постоянным отбором мощности может быть целесообразно измерение мощности с двух сторон относительно отбора.

Ступени устройства фиксации статической перегрузки имеют выдержку времени на срабатывание. Выбор времени срабатывания первой ступени (  $t_{\text{сI}}$  ) определяется отстройкой от синхронных качаний и ограничивается с одной стороны половиной периода синхронных качаний (  $T_{\text{кач}}/2$  ), а с другой - временем нарастания мощности электрической передачи под действием регуляторов скорости от мощности срабатывания устройства до предельного значения передаваемой мощности по условию статической устойчивости (  $t_{\Delta P_1}$  ).

$$\frac{T_{\text{кач}}}{2} < t_{\text{сI}} < t_{\Delta P_1} . \tag{4}$$

Период синхронных качаний приближенно может быть определен по формуле:

$$T_{\text{кач}} = 2\pi \sqrt{\frac{T_{\text{прив}}}{\omega_0 \cdot \frac{dP}{d\delta}}} , \tag{5}$$

где  $\frac{dP}{d\delta}$  - производная в точке  $P_0$ , относительно которой рассматриваются синхронные качания;

13778ТМ/1 л. 12/57

Имя и фамилия (подпись) и дата выдачи документа № 13778ТМ

ал. I

 $\omega_0$  - синхронная скорость; $T_{j\text{прив}}$  - приведенная постоянная инерции эквивалентного генератора энергосистемы

$$T_{j\text{прив}} = T_j \frac{P_{\Sigma\text{ген}}}{P_{\text{пр}}^{\text{ст}}} \quad - \text{приводится к } P_{\text{пр}}^{\text{ст}}$$

В частном случае, при  $P_{\text{пр}} = P$  раб. макс период синхронных качаний для энергосистемы, в которой мощность генераторов в 10 раз превышает предельное значение мощности связи и  $T_{j\text{прив}}$  ориентировочно составляет 100с, равен:

$$T_{\text{кач}} = 2\pi \sqrt{\frac{T_{j\text{прив}}}{\omega_0 \cdot \cos\alpha \cdot \sin \frac{P_0}{P_{\text{пр}}^{\text{ст}}}}} = 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{100}{314 \cdot 0,557}} = 4,75 \text{ с.}$$

После срабатывания первой ступени устройства фиксации перегрузки время выполнения управляющих воздействий должно быть меньше времени нарастания мощности до предельного значения.

Время срабатывания второй ступени должно быть отстроено от времени выполнения управляющих воздействий, введенных первой ступенью,

$$t_{\Delta P2} > t_{\text{сп}} \geq t_{\text{с1}} + \Delta t_1 \quad (6)$$

где

$$\Delta t_1 = t_{\text{ув.}} + \frac{T_{\text{кач}}}{4} + t_{\text{зап.}} \quad (7)$$

$t_{\text{ув.}}$  - время реализации управляющих воздействий, выполненных при действии первой ступени;

$t_{\Delta P2}$  - время нарастания мощности под действием регуляторов скорости от мощности после разгрузки до предельной;

$t_{\text{зап.}}$  - время запаса на неточности расчета.

Если после срабатывания первой ступени устройства фиксации статической перегрузки и выполнения управляющих воздействий условия срабатывания реагирующего органа сохраняются, время

407-03-555.90

Иуст

10

13778ТМ/1 л. 13/57

ал. I

срабатывания второй ступени равно

$$t_{cII} = t_{cI} + \Delta t_1$$

Все предложенные в работе структурные схемы устройства фиксации статической перегрузки, выполненные для различных схем сети, построены с учетом возможностей шкафа типа ШП2702.

### 3.2. Выбор параметров срабатывания устройства фиксации статической перегрузки для трехмашинных схем сети.

В схемах, которые можно эквивалентировать трехмашинными ( схема с переменным промежуточным отбором мощности является частным случаем такой схемы ), с целью выявления режима, граничного по условию статической устойчивости, могут быть использованы следующие параметры:

- активные мощности узлов,
- активные мощности по линиям.

Активные мощности по линиям могут быть использованы лишь в простых схемах "звезды" или "треугольника", причем в схеме "звезды" эти мощности совпадают с мощностями узлов. Поэтому целесообразно рассматривать возможность использования фиксации перегрузки по активной мощности узлов.

Пример трехмашинной схемы "треугольника" показан на листе 2 рис.3. Область устойчивости для данной схемы построена в координатах мощностей узлов и представляет собой замкнутую кривую  $f ( P_I, P_{II} ) = 0$ , охватывающую начало координат.

В сложной схеме охват начала координат обеспечивается правильным выбором независимых переменных.

В общем случае стабильность границы области устойчивости

Информация: Подпись и дата 13778ТМ

13778ТМ / 1 л. 14 / 57

ал. I

должна быть исследована при изменении соотношения мощностей, передаваемых по другим межсистемным связям, изменении напряжений и промежуточных отборов мощности.

Для фиксации выхода за границу устойчивости необходимо измерение мощностей левых двух узлов, при этом нужно использовать реагирующий орган со сложной характеристикой, повторяющей границу области устойчивости. Возникает задача аппроксимации границы устойчивости. Аппроксимацию границы области устойчивости предлагается выполнить графически, вписывая ломаную линию в кривую. Погрешность аппроксимации уменьшается при увеличении числа отрезков ломаной линии. Числу отрезков аппроксимирующей прямой должно соответствовать число реагирующих органов.

На рис.3 граница области устойчивости аппроксимирована пятью отрезками.

Пример трехмашинной схемы "авезды" показан на листе 2 рис.4. Рассмотрим частный случай, когда область рабочих режимов, определенная в координатах мощностей узлов  $P_1$  и  $P_2$ , находится в I и II квадранте. Например, в режиме выдачи мощности энергосистемами С1 и С2, энергосистема С3 будет приемной. Тогда, при возникновении аварийного дефицита мощности в энергосистеме С3, происходит увеличение передаваемых мощностей  $P_1$  и  $P_2$  и траектория нарушения режима может выйти за границу устойчивости только во II квадранте.

Аппроксимация границы устойчивости выполнена пятью отрезками. Для записи уравнений аппроксимирующих отрезков необходимо продолжить их до пересечения с осями координат. Тогда уравнение аппроксимирующего отрезка, например, EF имеет вид:

$$\frac{P_1}{P_1^{(1)}} + \frac{P_2}{-P_2^{(1)}} = 1, \quad \text{где (8)}$$

$P_1, P_2$  - текущие значения мощности, передаваемой по связям;

$P_1^{(1)}, P_2^{(1)}$  - точки пересечения аппроксимирующей прямой с осями координат.

После преобразования уравнения (8) уравнение аппроксимирующей прямой будет:

$$P_1 - \frac{P_1^{(1)}}{P_2^{(1)}} \cdot P_2 = P_1^{(1)}$$

13778 тм / 1 л 15/57

407-03-555.90

Лист

12

Лист № подл. Подпись и дата

13778 тм

ал. I

Характеристика срабатывания устройства фиксации статической перегрузки должна быть отстроена от аппроксимирующей прямой в соответствии с формулой (9):

$$P_1 - \frac{P_1(t)}{P_2(t)} \cdot P_2 = \frac{P_1(t)}{K_{\Pi} \cdot K_{\text{H}} \cdot K_{\text{Ч}}} .$$

Характеристика срабатывания показана на рис. 4 отрезком  $E'F'$ .

Условие срабатывания устройства фиксации статической перегрузки:

$$P_1 - \frac{P_1(t)}{P_2(t)} \cdot P_2 \geq \frac{P_1(t)}{K_{\Pi} \cdot K_{\text{H}} \cdot K_{\text{Ч}}} .$$

В общем виде условие срабатывания можно представить так:

$$P_1 - K_1 P_2 \geq P_{\text{с.у.1}} , \text{ где (10)}$$

$$P_{\text{с.у.1}} = \frac{P_1(t)}{K_{\Pi} \cdot K_{\text{H}} \cdot K_{\text{Ч}}} ; \quad K_1 = \frac{P_1(t)}{P_2(t)}$$

$K_1$  - коэффициент наклона отрезка  $EF$ .

Аналогично строятся остальные четыре отрезка характеристики срабатывания устройства фиксации статической перегрузки.

На рис. 2 листа 2 показана двухмашинная схема сети с переменным промежуточным отбором мощности. Зависимость  $P_{\text{H}} = f(P_1)$  имеет характерные точки. Точка  $L$  соответствует работе нагрузки в режиме холостого хода, а точка  $O$  - в режиме короткого замыкания. Имеет смысл рассматривать лишь часть характеристики между точками  $L, M$ , соответствующую области устойчивости работы нагрузки. Эта зона может быть аппроксимирована одним отрезком.

При перетоке мощности от энергосистемы С1 к энергосистеме С2, получим:

$$P_2 = P_1 - P_{\text{H}} ,$$

тогда зависимость  $P_{\text{H}} = f(P_1)$  легко перестраивается в координаты  $P_1$  и  $P_2$ .

Аналогично получаем зависимость  $P_1 = f(P_2)$  при обратном перетоке мощности.

13778 ГМ/1 , 16/57

407-03-555.90

Лист

13

ал. I

Использование для фиксации перегрузки мощностей по линиям вместо мощности отбора определяется удобством замеров мощности в конкретной схеме сети.

### 3.3. Выбор параметров срабатывания устройства фиксации динамической перегрузки для двухмашинных схем сети.

Устройство фиксации динамической перегрузки предназначено для фиксации выхода переходного процесса при аварийном небалансе мощности за границу области устойчивости. В задачу пускового органа входит ступенчатое измерение тяжести возмущения.

Пусковой орган может быть использован в схеме, которую для данного переходного процесса можно эквивалентировать двухмашинной.

Для определенности под небалансом мощности будет подразумеваться дефицит мощности (Рдеф.).

Для выбора параметров срабатывания устройства фиксации динамической перегрузки надо определить значения максимального расчетного дефицита и предполагаемый диапазон передаваемых мощностей, в котором требуется работа устройства. С учетом вероятности возникновения возмущения в "Руководящих указаниях по устойчивости энергосистем" за расчетный максимальный аварийный небаланс принимается "отключение части генераторов электростанций, связанное с погашением одной секции (системы) шин или РУ одного напряжения суммарной мощностью не более 50% мощности электростанций".

Для выбора диапазона передаваемых мощностей, в котором работает устройство, надо определить:

- передаваемую мощность, ниже которой максимальный расчетный дефицит мощности не опасен, т.е. мощность ввода ( $P_1^I$ ) устройства (путем расчетов переходных электромеханических процессов при максимальном расчетном небалансе);

- допустимый режим по условию статической устойчивости  $P_3^I$  (путем расчета областей предельных режимов по условию статической устойчивости).

Исходные данные для выбора параметров настройки устройства должны быть получены по результатам расчетов электромеханических переходных процессов в допустимом, планируемом режимах и в режиме, передаваемая мощность в котором близка к мощности ввода устройства. Расчеты выполняются в следующем порядке.

13778ТМ / 1 л № / 57

407-03-555.90

Лист

14

Инд. № подл / подпись и дата / В.С.С. / 13778ТМ

ал. I

Для каждого из перечисленных выше режимов определяется величина граничного по условию динамической устойчивости дефицита мощности Рдеф.гр. Под граничным дефицитом мощности понимается наибольшее значение аварийного небаланса мощности, при котором еще не происходит нарушение устойчивости в данном исходном режиме ( $P^I$ ). На основании полученных данных строится зависимость Рдеф.гр. =  $f(P^I)$ , показанная на рис. 2 листа 3 (характеристика I). Характеристика I является границей области динамической устойчивости. Область, которая расположена ниже характеристики I, характеризуется значениями аварийных небалансов мощности, меньшими граничных дефицитов мощности. Область, которая расположена выше характеристики I, соответствует дефицитам, вызывающим нарушение устойчивости. Область дефицитов, для которых выбирается объем управляющих воздействий, ограничивается значениями максимальных расчетных дефицитов (характеристики 2,3).

Если устройство фиксации перегрузки имеет только одну ступень то она должна надежно срабатывать при граничных дефицитах мощности. Для повышения точности фиксации небаланса мощности можно использовать еще одну ступень, и тогда она должна быть расположена в области, ограниченной снизу характеристикой I и сверху характеристиками 2,3. Целесообразность использования второй ступени зависит от возможности отстройки ее от характеристики срабатывания первой ступени. Выбор характеристики срабатывания второй ступени целесообразно выполнить так, чтобы в области наиболее вероятных режимов она фиксировала увеличение аварийного небаланса на величину, равную половине возможного приращения дефицита мощности.

На листе 3 рис.2 приведен пример выбора характеристик срабатывания устройства фиксации динамической перегрузки. Верхней границей срабатывания первой ступени является граница устойчивости (характеристика I). Характеристика I является отображением характеристики срабатывания I ступени фиксации динамической перегрузки в плоскости ( $P^I, P_{деф.}$ ). На оси ординат отложены значения максимальных расчетных дефицитов мощности Рдеф.макс. I, Рдеф.макс. 2 для исходных режимов (больших и меньших планируемого  $P_2^I$ ). В заштрихованной области, опасной с точки зрения динамической устойчивости, проведена характеристика 4, отображающая характеристику срабатывания второй ступени на плоскости ( $P^I, P_{деф.}$ ).

407-03-555.90

Лист

15

13478 ТМ/1 л 18/57

Исх. № подл. Подпись и дата

13778 ТМ

ал. I

Эта характеристика построена по двум точкам,

$$\left[ (P_{пр}^{ст}, 0); (P_K^I; \frac{P_{деф.макс} I - P_{деф.гр}(P_K^I)}{2}) \right]$$

Значение  $P_K^I$  берется в диапазоне наиболее вероятных режимов, если этот диапазон входит в область работы устройства. В противном случае предлагается брать такой исходный режим, который был близок к нормальному рабочему режиму.

Вторая ступень реагирует на аварийные дефициты мощности, начиная с дефицитов  $P_{деф.П}$ , в  $n$  раз превосходящих граничные, где

$$n = \frac{I}{2} \left[ 1 + \frac{P_{деф.макс} I}{P_{деф.гр}(P_K^I)} \right]$$

Для каждого из упомянутых выше трех или четырех режимов должны быть проведены три расчета:

- при граничном дефиците;
- при дефиците, превышающем в  $n$  раз граничный;
- при максимальном расчетном дефиците.

В результате расчетов должны быть получены зависимости  $P = f(t)$  и по ним рассчитаны фазовые траектории в координатах  $(P, P')$ .

При расчете фазовых траекторий значению мощности  $P = \frac{P_i + P_{i-1}}{2}$  ставится в соответствие значение производной мощности

$$P' = \frac{P_i - P_{i-1}}{\Delta t}$$

где  $P_i, P_{i-1}$  - значения мощности соответственно на  $i$ -ом и  $(i-1)$ -ом шаге расчета переходного процесса,

$\Delta t$  - шаг расчета переходного процесса.

По рассчитанным фазовым траекториям первого цикла переходного процесса (до первого изменения знака  $P'$ ) строятся характеристики границ областей устойчивости при заданном  $P_{деф.}$  в плоскости  $P^I; P'_{макс}$ , где

13778 тм / 1 19 / 57

Инв. № подл. 13778 тм  
Подпись и дата  
Взам. инв. №

ал. I

$P'_{\text{макс}}$  — максимальная скорость изменения мощности в первом цикле.

На рис. 3 листа 3 построены зависимости  $P'_{\text{макс}} = f(P^I)$  для граничных дефицитов и для дефицитов в  $n$  раз превышающих граничные. Полученные зависимости аппроксимируются прямыми линиями вида:

$$P^I + K \cdot P'_{\text{макс}} = P_{\text{пр}}^{\text{ст}} \quad (II)$$

Аппроксимация производится графически, причем аппроксимирующая прямая проводится таким образом, чтобы обеспечить наименьшую погрешность в зоне максимальных рабочих режимов. Коэффициент  $K$  в выражении (II) определяется по формуле

$$K = \frac{P_{\text{пр}}^{\text{ст}}}{P'_{\text{макс}}(0)}$$

Устройство фиксации динамической перегрузки, выполненное в шкафу ШП 2702, имеет три реагирующих органа. Одну из зависимостей  $P'_{\text{макс}} = f(P^I)$  можно аппроксимировать двумя отрезками.

Характеристика срабатывания первой ступени устройства фиксации динамической перегрузки отстраивается от аппроксимирующей прямой, соответствующей граничным дефицитам мощности, характеристика второй ступени — от аппроксимирующей прямой, соответствующей дефицитам, в  $n$  раз превышающим граничные.

Если устройство фиксации динамической перегрузки имеет более двух ступеней, то характеристику срабатывания любой из них можно получить при отстройке от соответствующей аппроксимирующей прямой по следующей формуле:

$$\frac{P_{\text{макс}}}{K_{\text{п2}}} + \frac{P^I}{\frac{P_{\text{пр}}^{\text{ст}}}{K_{\text{п1}}}} = 1, \quad (12)$$

где  $K_{\text{пi}} = K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{п}}$ ,

$i = 1, 2;$

$K_{\text{ч}}$  — коэффициент чувствительности;

$K_{\text{н}}$  — коэффициент надежности;

$K_{\text{п}}$  — коэффициент погрешности.

13778 TM / 1 л. 20 / 57

ал. I

В формуле  $K_{\Pi 1}$  значения коэффициентов не отличаются от приведенных в формуле (2), кроме  $K_H = 1,1$ , а в формуле  $K_{\Pi 2}$  коэффициенты следующие:

$K_{\Pi} = 1,03$  - коэффициент погрешности,

$K_H = 1,3$  - коэффициент надежности, обусловленный неточностями определения максимальной скорости изменения мощности,

$K_{\checkmark} = 1,02$  - коэффициент чувствительности.

Преобразуем уравнение (12):

$$\frac{P_{\text{пр}}^{\text{СТ}} \cdot K_{\Pi 2}}{P_{\text{макс}}(0) \cdot K_{\Pi 1}} \cdot P'_{\text{макс}} + P^I = \frac{P_{\text{пр}}^{\text{СТ}}}{K_{\Pi 1}}$$

В общем виде уравнение (12) имеет следующий вид:

$$K \cdot P'_{\text{макс}} + P^I = 0,90 P_{\text{пр}}^{\text{СТ}} \quad (13)$$

где

$$K = \frac{1,18 P_{\text{пр}}^{\text{СТ}}}{P_{\text{макс}}(0)}$$

### 3.4. Выбор параметров срабатывания блокирующих органов устройства фиксации динамической перегрузки.

Устройство фиксации перегрузки дополняется блокирующими органами, которые выводят его из действия при переходных процессах, вызванных небалансами мощности, а другими аварийными возмущениями.

Устройство фиксации перегрузки может излишне сработать при синхронных качаниях и при переходных процессах, связанных с:

- отключением коротких замыканий;
- сбросом мощности;
- отключением реактора;
- форсировкой продольной компенсации;
- включением одной из параллельных линий.

Управляющие воздействия, подаваемые от автоматики, в этом случае могут стать причиной аварии.

13778 ТМ / 1 л 21 / 57

407-03-555.90

ИСС

18

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл. 13778 ТМ

ал. I

Рассмотрим первый вид блокировки.

Принцип действия блокирующего органа, реагирующего на сброс мощности, основан на различии характера фазовых траекторий при переходном процессе, соответствующем возникновению небаланса мощности, и траекторий, соответствующих другим возмущениям. При возникновении небаланса мощности фазовые траектории движения системы в первом цикле переходного процесса целиком находятся в полуплоскости:

$$P > P^I;$$

при отключениях линии, при коротких замыканиях, то есть сбросах мощности фазовые траектории в начале переходного процесса сначала попадают в полуплоскость  $P < P^I$  и только затем уже переходят в полуплоскость  $P > P^I$ , где их трудно отличить от траекторий при небалансах мощности.

Характеристика срабатывания блокирующего органа по сбросу мощности в координатах  $P, P^I$  показана на рис. 4, листа 3. Характеристика построена для схемы сети с реверсивным переключением мощности и ее уравнение срабатывания имеет вид:

$$P^I - P = P_{с.бл. I} \quad (14)$$

где  $P_{с.бл. I}$  - мощность срабатывания первого блокирующего органа.

Величина  $P_{с.бл. I}$  выбирается больше амплитуды быстрых (секундных) нерегулярных колебаний мощности в системе. Амплитуда таких колебаний составляет приблизительно 0,25% мощности нагрузки меньшей из связанных энергосистем.

$$P_{с.бл. I} = P_{нк} \cdot K_{п} \cdot K_{н} \quad (15)$$

где  $P_{нк}$  - амплитуда быстрых (секундных) нерегулярных колебаний,

$K_{п} = 1,03$  - коэффициент погрешности аппаратуры,

$K_{н} = 1,2$  - коэффициент надежности,

т.е.  $P_{с.бл. I} = P_{нк} \cdot 1,2 \cdot 1,03 = 1,24 P_{нк}$ .

13778ТМ / 1 л 22/57

Изм. № подл. 13778ТМ  
Лист № и дата  
Взам. инв. №

эл. I

Уравнение характеристики срабатывания первого блокирующего органа имеет вид:

$$P^I - P = I,24P_{нк} \quad (I6)$$

Блокировка вводится на время, достаточное для затухания переходного процесса (5-10с).

При переключениях в сети, сопровождающихся большими положительными значениями скорости изменения мощности (включение одной из параллельных линий, форсировка продольной компенсации, отключение реакторов), возможны излишние срабатывания пусковых органов, поэтому необходимо предусмотреть второй блокирующий орган при фиксации слишком большой скорости изменения мощности. Скорость, при которой осуществляется блокировка, должна превышать скорость изменения мощности при наибольшем возможном небалансе (при максимальном расчетном дефиците при  $P^I = P_1^I$ ).

Характеристика срабатывания блокирующего органа имеет следующий вид:

$$P_{с.бл.2} = P'_{макс} (P_1^I) \cdot K_H \cdot K_{II} \quad (I7)$$

где  $K_H = 1,15$  - коэффициент надежности;

$K_{II} = 1,03$  - коэффициент погрешности,

$$P'_{с.бл.2} = P'_{макс} (P_1^I) 1,15 \cdot 1,03 = 1,18 P'_{макс} (P_1^I) \quad .$$

Характеристика срабатывания блокирующего органа показана на рис.3 листа 3 и имеет следующий вид:

$$P'_{с.бл.2} = 1,18 \cdot P'_{макс} \quad . \quad (I8)$$

Блокировка вводится на время, достаточное для затухания электромагнитных переходных процессов, как правило, не превышающее 0,5-1с.

Имя, № посл. Модели и дата

13778ТМ

13778ТМ / 1 л 23 / 57

407-03-555.90

Лист

20

ал. I

4. СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ УСТРОЙСТВ ФИКСАЦИИ ПЕРЕГРУЗКИ.

4. I. Структурные схемы устройства фиксации статической перегрузки для двухмашинных схем сети.

На листе 4 показаны варианты структурных схем устройства фиксации статической перегрузки для схем сети, которые можно эквивалентировать двухмашинными.

Для двухмашинной схемы без промежуточного отбора ( к ним могут быть отнесены и схемы с постоянным и маломеняющимся отбором мощности), то есть в схемах, характеризующихся одним значением  $P_{ст}$ , предназначено устройство с фиксацией одного значения передаваемой мощности по сечению между двумя энергосистемами. Устройство фиксации статической перегрузки имеет по мощности одну ступень срабатывания, а по времени - две ступени.

Устройство, показанное в варианте I, состоит из: трех однофазных датчиков мощности  $UW I + UW3$ , к которым подводится токи и напряжения фаз линии электропередачи, суммирующего усилителя, напряжение на выходе которого пропорционально трехфазной мощности линии электропередачи, двух реагирующих органов, фиксирующих перегрузку при различных направлениях перетока мощности, и двух элементов выдержки времени общих для обоих направлений перетока. В этом случае направление перегрузки должно определяться по исходному режиму. Три датчика мощности используются для фиксации перегрузки в неполнофазных режимах. Два элемента выдержки времени используются для реализации двух ступеней работы устройства. При срабатывании второй ступени используется полный объем дозирования управляющих воздействий. На основании информации о доаварийном исходном режиме, имеющийся в устройстве АДВ, и сигналов срабатывания ступеней устройства фиксации перегрузки выбираются управляющие воздействия, соответствующие знаку наброса мощности исходного режима. В тех случаях, когда возможно нарушение устойчивости из исходного режима, знак которого противоположен знаку наброса мощности, должны быть использованы отдельные элементы выдержки времени для каждого реагирующего органа, соответствующего знаку наброса.

Все структурные схемы устройств фиксации перегрузки, показанные на листе 4, выполнены с учетом возможного реверса, мощности.

Для схемы сети "треугольника" в варианте 2 возможна установка устройства на приемной подстанции. Это допустимо при наличии нескольких линий, соединяющих приемную подстанцию с каждой из энерго-

13778 ТМ/1 л. 24/57

Инв. № подл. Подпись и дата 83 г. Инв. № 13778 ТМ

эл. I

систем. В этом случае при ремонте любой из линий устройство будет работать правильно, если автоматически или вручную изменить параметры срабатывания.

В вариантах 3-5 показана различная аппаратурная реализация устройств для двух схем сети. Для одинаковой отстройки от рабочего режима при реверсе контролируемая мощность измеряется устройством с двух сторон от отбора мощности.

При измерении контролируемого значения параметра по сечению в сложных схемах сети часто необходимо выполнить телеизмерение мощности. Пример такой структурной схемы показан в варианте 6.

#### 4.2. Структурные схемы устройства фиксации статической перегрузки для трехмашинных схем сети.

Варианты структурных схем устройства фиксации статической перегрузки для схем сети, которые можно эквивалентировать трехмашинными, показаны на листе 5.

Устройство, показанное в варианте 7, устанавливается в узле нагрузки, так как в этом случае <sup>его</sup>схема требует минимального количества аппаратуры и имеется возможность измерения мощности с двух сторон относительно отбора (см. разд.3.2).

Для схемы сети "треугольник" в варианте 9 устройство должно быть расположено в одном из узлов энергосистем С1 или С2. При таком размещении устройство будет правильно работать при ремонте любой из электропередач ВЛ1-ВЛ3.

В схемах сети с переменным промежуточным отбором мощности при данном направлении перетока возможно использование одного реагирующего органа в устройстве. Это допустимо, поскольку рабочая зона границы устойчивости для этой схемы близка к линейной.

Для трехмашинных схем сети устройства по вариантам 8, 10 и 11 структурных схем фиксации перегрузки могут быть использованы для фиксации перегрузки при одном направлении перетока мощности.

Указанная в заводском описании шкафа ШП2702 возможность перевода реагирующих органов динамической перегрузки на работу с устройством фиксации статической перегрузки схемой шкафа не предусмотрена (см. раздел 5.1). Поэтому типизированы лишь варианты, предназначенные для схем сети, область устойчивости которых расположена в одном из квадрантов и может быть аппроксимирована

Лист № подл. Подпись и дата Взам.инв.№ 13778 ТМ

407-03-555.90	Лист 22
---------------	------------

13778 ТМ / 1 л 25 / 57

ал. I

двумя линейными характеристиками, что соответствует количеству реагирующих органов фиксации статической перегрузки.

Устройство фиксации статической перегрузки для сложных схем<sup>сети</sup>, выполненное в варианте II, дополнено аппаратурой телеизмерения мощности.

#### 4.3. Структурные схемы устройства фиксации динамической перегрузки для двухмашинных схем сети.

На листе 6 показаны варианты структурных схем устройства фиксации динамической перегрузки.

В варианте I2 показана структурная схема устройства для двухмашинной схемы сети без промежуточных отборов мощности. Сигнал, пропорциональный текущему значению мощности по электропередаче

$P_1$ , с выхода сумматора подводится к дифференцирующему и инерционному звеньям, проходя через которые он подается на входы реагирующих органов PO1 и PO2. На вход блокирующего органа по скорости изменения мощности БО1 сигнал поступает с выхода второго дифференцирующего звена. К блокирующему органу по сбросу мощности БО2 подводится сигнал, пропорциональный текущему значению мощности и сигнал с выхода инерционного звена. Сигналы срабатывания PO1 и PO2 через элемент запрета подаются к устройству дозировки ПА. Сигналы с блокирующих органов БО1 и БО2 через элементы памяти подаются на запрещающий вход элемента запрета и блокируют срабатывание органов PO1 и PO2. Элементы памяти запоминают сигналы срабатывания БО1 и БО2 на время  $\Delta t$ , через которое подается сигнал съема памяти от элементов выдержки времени, включенных на выходы элементов памяти. Схема предназначена для фиксации динамической перегрузки при заданном направлении перетока мощности по электропередаче.

Структурная схема устройства для двухмашинной схемы сети с постоянным промежуточным отбором мощности показана в варианте I3. В схеме для организации первой или второй ступени устройства можно использовать два реагирующих органа. Тогда при существенной нелинейности границы области устойчивости можно иметь характеристику срабатывания устройства в виде ломаной (см. рис. 3, лист 3).

В варианте I4 показана структурная схема устройства для простых схем сети с реверсивным перетоком мощности. Устройство выполнено одноступенчатым. Реагирующие органы PO1 и PO2 срабаты-

407-03-555.90

ЛИСТ

23

13478 ТМ/1 26/57

Число полей, подписей и ссылок  
 13778 ТМ

ал. I

вазт, соответственно, при прямом и обратном направлении перетока мощности.

Реагирующие органы шкафа ШП2702, фиксирующие статическую перегрузку, имеют в своем составе блоки, которые входят в состав блокирующих органов устройства фиксации динамической перегрузки. В данном варианте для блокировки устройства при реверсе мощности (БО3и БО4) используются реагирующие органы статической перегрузки.

Устройство фиксации перегрузки по варианту I5 выполнено на базе двух шкафов типа ШП2702. Выполнение данного устройства не вызывает трудностей, однако требуется больший объем аппаратуры.

4.4. Структурная схема устройства фиксации статической и динамической перегрузки.

Для двухмашинной схемы сети на листе 7 показана структурная схема устройства фиксации перегрузки на базе двух шкафов типа ШП2702. Рассматривается реверсивная передача мощности между энергосистемами С1 и С2. В данной схеме сети возможно нарушение статической и динамической устойчивости между энергосистемами С1 и С2. Устройством замеряется мощность в двух сечениях I и II относительно постоянного отбора мощности. Для получения в месте установки устройства фиксации перегрузки значения мощности по ВЛII используется устройство телемеханики типа УТМ-7 и организуется два взаиморезервируемых канала связи.

Для быстродействующего измерения мощности рекомендуется использовать скорость передачи информации по каналу связи равную 600 Бод. При меньшей скорости передачи допустимость запаздывания следует оценить для каждого конкретного варианта схемы энергосистемы.

Первый шкаф ШП2702 контролирует переток мощности в I сечении

$P_I$  и его реагирующие органы настроены на фиксацию перегрузки при перетоке мощности от энергосистемы С2 к энергосистеме С1. Второй шкаф контролирует переток мощности во II сечении  $P_{II}$  и его реагирующие органы настроены на фиксацию перегрузки при перетоке мощности от С1 к С2. На структурной схеме устройства показаны элементы схем шкафов, используемые для получения уравнений срабатывания реагирующих органов.

Пример изменения уставок на реагирующих органах устройства выполнен с использованием комплексов телемеханики типа ТК II3.

13778 ТМ / 1 л 27 / 57

Инд. на подл. Изобрет. и пат. в изобрет. инст. ИС 77 СтМ

ал. I

## 5. ПРИНЦИПАЛЬНЫЕ СХЕМЫ УСТРОЙСТВ ФИКСАЦИИ ПЕРЕГРУЗКИ.

Разработка принципиальных схем устройств выполнена в соответствии со структурными схемами с учетом следующих требований:

- 1) минимального количества блоков в схеме устройства;
- 2) минимально возможного числа пересоединений в схеме шкафа;
- 3) минимального объема дополнительно используемой аппаратуры;
- 4) возможность независимой настройки по трактам измерения.

5.1. Принципиальные схемы устройств фиксации статической перегрузки.

На листах 8 + 10 выполнена принципиальная схема устройства варианта I (номера вариантов принципиальных схем устройств соответствуют номерам вариантов структурных схем устройств, приведенных на листах), которое используется в двухмашинной схеме без промежуточного отбора или с постоянным (маломеняющимся) отбором мощности.

Подключение входных измерительных цепей устройства (лист 8) выполнено для схемы сети "треугольник".

Устройство состоит из:

- трех однофазных преобразователей активной мощности 6-Е1 + 6-Е3, к которым подводятся фазные токи ВЛ1 и ВЛ3 и фазные напряжения измеряемые в месте установки шкафа;
- суммирующего операционного усилителя 5-Е7(А1), напряжение на выходе которого пропорционально трехфазной активной мощности по сечению I;
- инвертирующих операционных усилителей 5-Е8(А5) и 4-Е14(А8);
- двух реагирующих органов КВ I и КВ 2, фиксирующих перегрузку при различных направлениях перетока мощности.

Неиспользуемые входы усилителей А5 и А8 должны быть заземлены.

Для каждого из двух направлений перетока устройство имеет одну ступень по мощности и две ступени по времени.

Реализация на базе одного шкафа ШП2702 схемы по варианту I требует пересоединений между блоками Н1110, В1040 и В1030 реагирующих органов КВ I и КВ 2.

При прямом направлении перетока и срабатывании блока Н1110 (4-Е6) параллельно запускаются два блока выдержек времени на срабатывание В1040 (3-Е7 и 4-Е8). По истечении выдержки времени

13778ТМ / 1 л. 08 / 57

407-03-555.90

ИУСР

25

ал. I

I ступени срабатывает выходное реле KL 4, а по истечении выдержки времени II ступени - KL 5.

При существующей схеме соединений между блоками Н1110, В1040 и В1030 (см. функциональную схему шкафа ШП2702 и техническое описание ИТР.656 456.006 Т0) работа выходного реле KL 4 будет заблокирована сигналом, поступающим из блока контроля К701. Этот сигнал появится в блоке К701 из-за несоответствия между сигналом на срабатывание выходного реле KL 4 и отсутствием сигнала о работе блока Н1110(З-Е5), которое будет зафиксировано в блоке В1030(З-Е6).

Работа устройства при обратном перетоке мощности осуществляется аналогично.

В цепи сигнализации шкафа внесены изменения в соответствии со стандартной схемой сигнализации устройств противоаварийной автоматики на ПС. Дополнительно устанавливаются два диода.

На листе 10 показаны цепи изменения уставок реагирующих органов. Использование блоков I-E7 + I-E10 и I-E1 + I-E4 для изменения уставок KV 1 и KV 2 позволяет уменьшить количество разрывов, выполняемых для отсоединения используемых цепей.

В цепях контроля от блока К 701 (З-Е5) (лист 9) отсоединены цепи элементов, не участвующих в работе данного устройства.

Все элементы шкафа, которые не участвуют в работе схемы устройства, должны быть вынуты из кассет. При этом уменьшается потребление шкафа по цепям питания и исключается ложная работа элементов по неиспользуемым цепям.

На листах 13 + 16 выполнена принципиальная схема устройства варианта 3. Данное устройство состоит из двух шкафов ШП2702, каждый из которых фиксирует перегрузку для одного из направлений перетока мощности P<sub>I</sub> или P<sub>II</sub>.

Схема выполнена аналогично рассмотренному выше варианту I, а использование двух шкафов позволяет реализовать эту схему без пересоединений между блоками реагирующих органов Н1110, В1040 и В1030.

На листах 17 + 19 выполнена принципиальная схема устройства

13778ТМ/1 л 29/57

407-03-555.90

Лист 26

Лист № 26 из 29. Подпись и дата. 13778ТМ

ал. I

варианта 4, в которой используется телеизмерение мощности.

Для получения трёхфазного значения мощности по ВЛЗ используются блоки однофазных преобразователей активной мощности 6-Е1 + 6-Е3 (лист I7). Выходные сигналы блоков суммируются операционным усилителем 5-Е7 (А1). Далее сигнал, пропорциональный текущему значению мощности  $P_3$ , через инвертирующие усилители 5-Е8(А5) и 4-Е14 (А8) поступает на вход реагирующего органа КV I.

Неиспользуемые входы усилителей А5 и А8 заземляются.

Информация о значении  $P_I$  в восьмиразрядном двоичном коде от приёмника УТМ-7 поступает на блоки запоминания кода 3-Е9 и 3-Е12. Напряжение, пропорциональное измеряемой мощности  $P_I$ , получаемое на выходе цифро-аналогового преобразователя 3-Е11, всегда отрицательно.

В блоках запоминания кода не предусмотрен прием знакового разряда телеизмеряемого значения мощности, имеющегося на выходе разъёма приёмника УТМ-7.

Изменение направления перетока мощности по ВЛ1 фиксируется переключающим контактом выходного реле РПГ-8 приёмника УТМ-7, к которому подключается знаковый разряд от разъёма.

Схема подключения информационных разрядов УТМ-7 к ШП2702 выполнена в работе "Схемы применения аппаратуры телемеханики повышенной надёжности УТМ-7 для противоаварийной автоматики", инв. №12158тм.

Сигнал, пропорциональный мощности  $P_I$ , поступает на вход реагирующего органа КV 2.

Работа реагирующих органов КV I и КV 2 осуществляется аналогично рассмотренному выше варианту I.

В целях телеизмерения мощности (лист I7) и изменения уставок реагирующих органов (лист I9) отсоединяются цепи, не используемые в работе устройства.

Принципиальные схемы вариантов 2,5 + II выполнены аналогично рассмотренным вариантам I и 4. Отличие заключается в более удобном для каждого из них использовании логической схемы шкафа.

В вариантах 7 + II на реагирующих органах КV I и КV 2 реализуются характеристики срабатывания, отстроенные от прямых, аппроксимирующих границу области устойчивости (см. раздел 3.2).

В варианте 9 для получения наклона характеристик срабатывания реагирующих органов КV1, КV2 используется блок управляемого усиления напряжения 2-Е8 (К1), который управляется блоком 2-Е9 (лист 27):

Инв. №12158тм  
Исполнитель и дата разработки

13748тм/1 л. 30/54

407-03-555.90

Лист  
27

ал. I

ИП2702 не предусмотрено использование реагирующих органов KV 3 + KV 5 для более точной настройки устройства фиксации статической перегрузки. В техническом описании шкафа эта возможность указана ошибочно.

5.2. Принципиальные схемы устройств фиксации динамической перегрузки.

На листах 31 + 33 выполнена принципиальная схема устройства варианта I2.

Устройство используется в двухмашинной схеме сети без промежуточного отбора мощности при заданном направлении перетока.

Для получения трехфазного значения мощности по ВЛ1 используются блоки однофазных преобразователей активной мощности 6-Е1 + 6-Е3 (лист 31). Выходные сигналы блоков суммируются операционным усилителем 5-Е7(А1). На выходе А1 имеется напряжение, пропорциональное контролируемому значению мощности P<sub>T</sub>, которое через инвертирующий усилитель 5-Е8(А5, лист 32) подается на:

- блоки измерения скорости изменения мощности 5-Е3 и 5-Е10;
- инерционный операционный усилитель 5-Е9(А7).

В результате на входы реагирующих органов подаются значения напряжений, пропорциональные:

для органов динамической перегрузки KV 3 и KV 4 -

$$U_{вх.кв3} \equiv P_1^I + K_1 \cdot P_1^I ,$$

$$U_{вх.кв4} \equiv P_1^I + K_2 \cdot P_1^I ,$$

где K<sub>1</sub> и K<sub>2</sub> - коэффициенты наклона характеристик срабатывания, получаемые на входах реагирующих органов KV 3 и KV 4;

для блокирующего органа по скорости изменения мощности KV 6 -

$$U_{вх.кв6} \equiv P_1^I$$

для блокирующего органа по сбросу мощности KV 7 -

$$U_{вх.кв7} \equiv P_1^I - P_1 .$$

Изменения, выполненные в цепях изменения уставок, контроля и сигнализации, аналогичны изменениям в устройствах фиксации статической перегрузки.

13748гм/1 л. 31/57

Шифр № докум. Издательство У. Дата 13778гм Взам. Инв. №

ал. I

В принципиальных схемах устройства варианта I4 (листы 33, 37 и 38) показаны пересоединения между блоками реагирующих органов. Эти пересоединения выполнены для использования в качестве блокирующих органов реагирующих органов KV1 и KV2 (лист 38).

Тогда на базе одного шкафа фиксируется перегрузка при реверсивном перетоке мощности.

Выполнение принципиальных схем варианта I3 и I5 аналогично варианту I2.

В варианте I3 (лист 35) характеристика срабатывания первой ступени реализуется на реагирующих органах KV3 и KV4.

### 5.3. Принципиальная схема устройства фиксации статической и динамической перегрузки.

Принципиальная схема устройства варианта I6 приведена на листах 43 ÷ 48. Принципиальная схема первого шкафа устройства приведена на листах 43 ÷ 45.

Для получения трёхфазного значения мощности по ВЛ2 используются блоки однофазных преобразователей активной мощности 6-Е1 + 6-Е3 (лист 43). Выходные сигналы блоков суммируются операционным усилителем 5-Е7 (А1).

Информация о значении  $P_1$  в восьмиразрядном двоичном коде от приемника УТМ-7 поступает на блоки запоминания кода 3-Е9 и 3-Е12.

На выходе цифроаналогового преобразователя 3-Е11 имеется сигнал, пропорциональный текущему значению мощности  $P_1$ . Сигнал на выходе 3-Е11 всегда отрицательный.

В блоках запоминания кода не предусмотрен приём знакового разряда телеизмеряемого значения мощности. Изменение направления перетока мощности по ВЛ1 фиксируется переключающим контактом выходного реле РПГ-8 приемника УТМ-7, к которому подключается знаковый разряд от разъема приемника. Контакт включает в тракт измерения мощности инвертирующий усилитель 5-Е11 (А2).

Сигналы, пропорциональные мощностям  $P_1$  и  $P_2$ , суммируются операционными усилителями 5-Е8 (А5) и 5-Е5 (А3) и на их выходах имеем сигнал, пропорциональный контролируемому значению мощности по сечению I (лист 44). Усилитель А3 используется для создания

Инв. № подл. Подпись и дата вступления в силу  
13778 шт

13778 ТМ/1 х 32/57

407-03-555.90

Лист  
29

ал. I

отдельного тракта измерения скорости изменения мощности  $P_I$ .

На логической части схемы шкафа реализуются уравнения характеристик срабатывания реагирующих органов KV I + KV 5 и блокирующих органов KV 6, KV 7. Характеристики для выбора параметров срабатывания реагирующих органов устройства показаны на листе 54.

Характеристики построены в первичных значениях измеряемых величин.

В результате на входы реагирующих органов подаются значения напряжений, пропорциональные:

для органов статической перегрузки KV I, KV 2 -

$$U_{\text{вых.А8}} \equiv P_I ;$$

для органов динамической перегрузки KV 3 + KV 5 -

$$U_{\text{вых.А9}} \equiv P_I' + KI P_I^I ,$$

где KI - коэффициент наклона характеристики;

для блокирующего органа по скорости изменения мощности KV 6 -

$$U_{\text{вых.5-Е3}} \equiv P_I' ;$$

для блокирующего органа по сбросу мощности KV 7

$$U_{\text{вых.А7}} \equiv -P_I^I \text{ и } U_{\text{вых.А5}} \equiv P_I .$$

Для получения коэффициента наклона характеристик срабатывания ступеней динамической перегрузки используется блок управляемого усиления напряжения 2-Е8 (KI), который управляется блоком 2-Е9.

Автоматическое изменение уставок на реагирующих органах KV I + KV 5 и коэффициента наклона характеристик срабатывания KI, реализуемых на реагирующих органах KV I + KV 5, осуществляется от комплексов телемеханики ТК IIB ( лист 49, 50).

Принципиальные схемы второго шкафа устройства фиксации перегрузки, приведенные на листах 46 + 48, выполняются аналогично.

Шифр № подл. Подпись и дата. 13778ТМ

13778ТМ/1 л 33/57

407-03-555.90

ЛИСТ  
30

## ШКАФ АВТОМАТИКИ ТИПА ШП 2702.

Функциональная схема шкафа автоматики фиксации мощности и скорости изменения ШП 2702 приведена на листах 5I+53.

С помощью шкафа автоматики ШП2702 осуществляется фиксация текущего значения трехфазной мощности двумя комплектами из трех однофазных блоков измерения активной мощности, каждый из которых через промежуточные трансформаторы тока может включаться на ток двух линий электропередачи. Кроме этого, в шкафу предусмотрена возможность замера мощностей еще двух линий электропередачи, информация о которых поступает по двум резервированным каналам быстродействующего измерения.

Шкаф обеспечивает:

- фиксацию двух ступеней статической перегрузки;
- фиксацию трех уровней скорости изменения мощности, возможных в режимах динамической перегрузки и зависимых от величины исходной мощности;
- фиксацию снижения текущей мощности ниже исходной при качаниях и скорости изменения текущей мощности для блокировки ступеней фиксации перегрузки при возмущениях, не связанных с аварийной перегрузкой.

Измерительные цепи устройства показаны на листе 5I.

Для трехфазного замера мощности по 4-м линиям электропередачи блоки однофазных преобразователей активной мощности 6-ЕI+6-ЕЗ, 7-ЕI + 7-ЕЗ типа МI05I (исполнение на частоту 50 Гц) подключаются каждый через промежуточный трансформатор тока (ТАI+ТА6) и испытательные блоки (SG I +SG4) на токи одноименных фаз двух линий электропередачи, а через испытательные блоки SG 5, SG 6 - на фазные напряжения измерительных трансформаторов напряжения линии или шин.

Выходные сигналы каждой трехфазной группы блоков измерения активной мощности суммируются операционными усилителями 5-Е7(АI) и 5-ЕI(А4), напряжение на выходе которых пропорционально текущему значению трехфазной мощности, передаваемой по контролируемым элементам сети.

13778ТМ/1 л 34/57

407-03-555.90

Лист  
3I

ал. I

Информация по каналам телеизмерения в восьмиразрядном двоичном коде поступает на блоки запоминания кода 3-Е9, 3-Е12, 4-Е10 и 4-Е13 типа А1110. В каждый блок А1110 поступают сигналы четырех разрядов по двум каналам через оптронные развязки, чем обеспечивается гальваническая развязка аппаратуры шкафа от аппаратуры телеизмерения и кабелей связи. Поступивший по двум каналам код сравнивается в блоках соответствия кодов 3-Е10 и 4-Е11 типа А1100. При расхождении кодов более чем на заданное, устанавливаемое неоперативно, число импульсов (1...7) из блоков А1100 поступает сигнал запрета переноса информации на выход триггеров памяти блоков А1110. Перенос информации на выход триггеров памяти осуществляется импульсами, поступающими от генератора блока выбора канала 3-Е13 типа Э1050.

Блок Э1050 позволяет выбрать в качестве рабочего любой из двух каналов телеизмерения как дистанционно, так и вручную оперативным персоналом при помощи ключа SAI. В блоке предусмотрена возможность автоматического переключения при неисправности рабочего канала на резервный и блокирование переноса информации при неисправности обоих каналов аппаратуры телеизмерения. Кроме того в блоке предусмотрена возможность разрешения работы по одному каналу при помощи встроенного в блок переключателя и выдача сигнала о несоответствии кодов каналов при неисправности в самом шкафу.

Блоками цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП) 3-Е11 и 4-Е12 типа А102 информация преобразуется в аналоговый сигнал, пропорциональный коду, поступившему по рабочему каналу.

С выходов блоков ЦАП сигналы подаются на усилители 5-Е11(А2) и 5-Е5(А3), каждый из которых может усиливать один или сумму сигналов, поступивших по каналам телеизмерения, в зависимости от положения переключки на клеммнике кассет. Затем сигналы, пропорциональные текущему значению трехфазной мощности, и сигналы телеизмерения того же сечения суммируются операционными усилителями 5-Е8(А5) и 5-Е2(А6), показанными на листе 52.

Сигналы на выходе усилителей А5 и А6, пропорциональные мощностям  $P_I$  и  $P_{II}$  по контролируемым сечениям, подаются на следующие входы:

- 1) на входы инерционных операционных усилителей 5-Е9(А7) и

13778 ТМ/1 Л. 35/54

407-03-555.90

Лист

32

Имя, № по др. Листы и даты  
13778 ТМ

ал. I

2-Е14(А10) с постоянной времени инерционного звена  $10\text{с}$ ;

2) на входы блоков формирования напряжения приращения 5-Е3, 5-Е10, 5-Е4 типа Н1100;

3) на вход блока управляемого усиления напряжения 2-Е10(К2) типа Н1130.

От управляющей вычислительной машины (УВМ) по нерезервированным каналам телеуправления поступают значения коэффициентов ( $K_I + K_3$ ), которые учитывают наклон характеристик срабатывания реагирующих органов  $KV I + KV 5$ . Эта информация в восьмиразрядном двоичном коде через оптронные развязки поступает на блоки запоминания кода 2-Е9, 2-Е11, 2-Е13 типа А1120 и далее на блоки управляемого усиления напряжения 2-Е8, 2-Е10, 2-Е12.

На усилителе 4-Е14(А8) суммируются сигналы с выхода усилителя А5 ( $P_I$ ) и с выхода блока К2 ( $K_2 P_{II}$ ). На входы органов статической перегрузки  $KV I$ ,  $KV 2$  подается напряжение, пропорциональное сумме текущих значений активной мощности в контролируемых сечениях:

$$U_{A8} = P_I + K_2 P_{II} .$$

Две ступени статической перегрузки  $KV I$ ,  $KV 2$  реализуются при помощи блоков максимального напряжения 3-Е5, 4-Е6 типа Н1110, блоков выдержки времени 3-Е7, 4-Е8 типа В1040, в которых используется только выдержка времени на срабатывание, и блоков блокировки 3-Е6, 4-Е7 типа В1030. При срабатывании блоков Н1110 их сигналы через блоки выдержки времени на срабатывание и возврат В1040 поступают на блоки блокировки В1030. Последние: принимают сигнал о срабатывании и выдают его на выходные промежуточные реле КЛ 4, КЛ 5 и указательные реле КН4, КН5; имеют связь с блоками контроля шкафа К701, К101, В101, В102 по сигналам "Неисправность", "Автоматический контроль", "Блокировка логики"; обеспечивают контроль по скачку напряжения в момент переключения уставки срабатывания органов  $KV I$ ,  $KV 2$  и блокировку срабатывания органов на заданное время, если уставка задается меньшей входного сигнала по мощности.

Выходной сигнал усилителя 5-Е9 (А7), пропорциональный исходной мощности  $P_I$ , подается на орган блокировки  $KV 7$ , где сравнивается с текущим значением мощности  $P_I$ . Одновременно сигнал

407-03-555.90

Лист  
33

13778ТМ/1 л. 36/57

Инв. № подл. 13778ТМ  
Листы и дата 13778ТМ

эл. I

с А7 через блок К1 подается на вход операционного усилителя 2-В15 (А9), на другие входы которого поступают сигналы с блоков типа НИ100 ( $P_I'$ ) и блока К3 ( $K3 \cdot P_{II}'$ ).

Выходной сигнал усилителя А9 пропорционален сумме сигналов:

$$U_{A9} \approx K1 \cdot P_I' + K3 \cdot P_{II}' + P_I'$$

Этот сигнал поступает на первые входы блоков максимального напряжения I-В5, I-В11, 2-В6 типа НИ100 органов динамической перегрузки KV 3 + KV 5. На вторые входы этих органов поступает сигнал с выхода блока 5-В4 ( $P_{II}'$ ).

Следовательно, органы динамической перегрузки реагируют на сумму сигналов блока 5-В4 ( $P_{II}'$ ) и усилителя А9.

Органы ступеней динамической перегрузки KV 3 + KV 5 реализуются при помощи блоков I-В5, I-В11, 2-В6, типа НИ100 и блоков блокировки I-В6, I-В12, 2-В7, типа В1030. Блоки НИ100 срабатывают при превышении суммой двух входных сигналов заданной уставки. Блоки В1030 и выдают сигнал на срабатывание выходных промежуточных реле

KL I + KL 3, а также указательных реле КН1 + КН3.

В блоках максимального напряжения НИ100 органов KV I + KV 5 предусмотрено два входа для дистанционного изменения уставки.

Органы KV 6, KV 7 выполняют функции блокирующих органов устройства фиксации динамической перегрузки: KV 6 - по скорости изменения мощности  $P_I'$ , KV 7 - по сбросу текущей мощности  $P_I'$  ниже мощности исходного режима  $P_I'$ .

Блокировка органов динамических ступеней продолжается на время возврата, установленное в блоках выдержки времени 3-Е7, 4-Е8 типа В1040. В качестве измерительного органа ступеней блокировки KV 6, KV 7 используются блоки максимального напряжения 3-Е6, 4-Е9 типа НИ100.

Автоматический контроль исправности аппаратуры шкафа осуществляется при помощи блоков контроля 8-Е3 типа В101, 8-Е4 типа В102, 8-Е5 типа К701, 8-Е2 типа К101. Периодичность автоматического контроля блока К101 задается. Предусмотрен и ручной контроль. При неисправности любого из блоков, снабженных контролем, происходит проверка всех контролируемых блоков и на время проверки снимается - 24В с обмоток выходных промежуточных реле KL I + KL 5 и указательных реле КН1 + КН3.

13778 ТМ/1     37/57

407-03-555.90

Лист

34

эл. I

Если сигнал о неисправности существует на входе блоков контроля больше, чем выдержка времени блока В102, срабатывает реле КЛ 5 в блоке К701.

При срабатывании реле КЛ 5 в блоке контроля К701 или исчезновении напряжения на выходе блоков питания срабатывает указательное реле КИ6. При срабатывании любого из указательных реле загорается лампа НЛМ на передней двери шкафа и выдается сигнал из щит дежурному персоналу.

Все проверки аппаратуры шкафа от блоков контроля К701, К101 фиксируются счетчиком импульсов РС, установленным в шкафу.

Цепи автоматического изменения уставки срабатывания органов статической и динамической перегрузки показаны на листе 53. Автоматическое задание уставки при изменении режима осуществляется по сигналам, поступающим по резервированным каналам телеуправления. Преобразование сигналов телеуправления осуществляется аналогично описанному выше преобразованию сигналов телеизмерения мощности.

В шкафу предусмотрена возможность контроля рабочего сигнала, поступающего по каналам телеизмерения и телеуправления, преобразованного в десятичные цифры, при помощи блока цифровой индикации Б-Е6, типа У1090.

Ручной выбор контролируемого кода осуществляется переключателем SA3, расположенным на передней двери шкафа.

Организация питания аппаратуры шкафа фиксации перегрузки осуществляется от сети постоянного тока 220В через два преобразовательных блока питания типа БРЭ2301 мощностью 100 Вт или от сети гарантированного питания напряжением 220В переменного тока через блок питания выпрямительный 8-Е1 типа П1040, в котором напряжение переменного тока выпрямляется, сглаживается и подается через переключки переключателя SA4 на вход блоков БРЭ2301 при включении SA4 в положение " ~ 220В". На выход блока питания (9-Е1, 9-Е2, 9-Е3) включены три стабилизатора напряжения +5В типа П501, стабилизатор напряжения +15В типа П502, обеспечивающий питание усилителей напряжением +15В, а также цепи шкафа на напряжение +24В для питания входных цепей оптронных развязок в блоках А1110, А1120, связанных с аппа-

13778ТМ/1 л. 38/57

407-03-555.90

Лист

35

Имя, № подписи, подпись и дата составления

13778ТМ

ал. I

ротурой телеизмерения и телеуправления. Напряжение +24В гальванически не связано с цепями питания всей остальной аппаратуры. На выходы второго блока питания (10-Е1, 10-Е2, 10-Е3) включены два стабилизатора напряжения +5В типа П501, и стабилизатор напряжения -15В типа П502, а также различные цепи шкафа на напряжение - 24В.

На функциональной схеме шкафа в обозначении какого-либо блока, например 2-Е12, показано:

2 - номер кассеты,

Е12 - номер блока в данной кассете.

Подробное описание работы шкафа дано в техническом описании и инструкции по эксплуатации ИТР.656.456.006Т0 Чебоксарского электроаппаратного завода.

Лин. № подл. Подпись и дата  
13778ТМ

13778ТМ/1 л 39/57

407-03-555.90	Лист 36
---------------	------------

ал. I.

Приложение 2

## П2. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ УСТРОЙСТВА ФИКСАЦИИ ПЕРЕГРУЗКИ НА БАЗЕ ШКАФОВ ТИПА ШП 2702.

### П2.1. Расчет устройства фиксации статической перегрузки.

Расчет проводится для шкафа I варианта I6 устройства фиксации перегрузки, приведенного на листах 43 + 45.

На входы блоков ПИИО ступеней статической перегрузки  $KV'I$ ,  $KV'2$  поступает сигнал с выхода усилителя А8, определяемый выражением:

$$U_{\text{вх.кV1}} = U_{\text{вх.кV2}} = U_{\text{вх.А8}} = (P_2 \cdot n_{TAI(i)} \cdot K_p \cdot K_{A1} \cdot K_{A5(i)} + U_{\text{ти}} \cdot K_{A2} \cdot K_{A5(2)}) \cdot K_{A8} \quad (I)$$

где  $P_2$  - трехфазная вторичная мощность по ВЛ2, к трансформаторам тока которой подключены первые первичные обмотки  $TAI + TAZ$ ;

$n_{TAI(i)}$  - коэффициенты трансформации ПТТ  $TAI+TAZ$  по первым первичным обмоткам. Для шкафа со вторичным номинальным током:

$$I_n = 1A \quad n_{TA} = 0,25; 0,5; 0,75; 1$$

$$I_n = 5A \quad n_{TA} = 0,05; 0,1; 0,15; 0,2$$

$K_p = 0,0786 (B/Вт)$  - коэффициент преобразования мощности блоком М1051;

$K_{A1}, K_{A2}, K_{A8}$  - коэффициенты усиления усилителей А1, А2, А8;

$K_{A5(1)}, K_{A5(2)}$  - коэффициенты усиления усилителя А5 по входам 1, 2;

$U_{\text{ти}}$  - напряжение на выходе устройства ЦАП, преобразующего величину мощности  $P_1$  по ВЛ1, поступающую на вход шкафа в 8 разрядном двоичном коде (максимальное значение  $U_{\text{ти макс}} = 14В$  соответствует максимальной первичной мощности, передаваемой по каналу телеизмерения, и максимально возможному числу импульсов - 255).

Инв. № по ф. №, Покрыть и дата  
13778ТМ

13778ТМ/1 л. 40/57

407-03-555.90

Лист  
37

ал. I

При выборе коэффициентов трансформации ПТТ и коэффициентов усиления усилителей следует учитывать, что напряжение на выходах блоков, входящих в тракт измерения, не должно превышать  $|I_0|B$ . Вместе с тем целесообразно для повышения точности фиксации и коэффициента возврата иметь сигнал на входе реагирующего органа близкий к максимальной уставке.

Выберем коэффициент трансформации ПТТ и коэффициенты усиления усилителей в рассматриваемом тракте измерения мощности - по сечению I ( $P_I = P_1 + P_2$ ).

В выражении (1) приравняем нулю второй член, а в первом принимаем значение мощности равным  $\frac{P_{CT}}{PrI}$  (см. лист 54 рис. I).

Тогда, из выражения (1) получим:

$$\frac{\frac{P_{CT}}{PrI} \cdot I_0^6}{K_{TA} \cdot K_{TV}} \cdot n_{TAi(t)} \cdot K_P \cdot K_{AI} \cdot K_{A5(t)} \cdot K_{A8(t)} = U_{\text{вых. A8 макс.}}, \quad (2)$$

где  $U_{\text{вых. A8 макс.}}$  - максимальное напряжение на выходе усилителя A8 (максимально допустимое значение IOB);

$K_{TA}$  - коэффициент трансформации трансформаторов тока;

$K_{TV}$  - коэффициент трансформации трансформаторов напряжения.

Преобразовав (2) получим:

$$n_{TAi(t)} \cdot K_{AI} \cdot K_{A5(t)} \cdot K_{A8(t)} = \frac{U_{\text{вых. A8 макс.}}}{\frac{P_{CT}}{PrI} \cdot I_0^6} \cdot K_P \quad (3)$$

Предварительно принимаем  $n_{TAi(t)} = 0,25 (i_H = IA)$ .

Определим произведение коэффициентов усиления усилителей:

$$K_{AI} \cdot K_{A5(t)} \cdot K_{A8(t)} = \frac{I_0}{\frac{3000 \cdot I_0^6}{2000 \cdot 500} \cdot 0,0786 \cdot 0,25} = 1,696.$$

13778 ГМ/1 л 41/54

407-03-555.90

Лист  
38

Шифр докум. / Дата / Вып. инв. №  
13778 ГМ

ал. I

Принимаем:  $\eta_{TAI(1)} = 0,25$ ;  $K_{AI} = 1,33$ ;  $K_{A5(1)} = 1,275$ ,  $K_{A8} = 1$ .

Далее в выражении (I) приравниваем нулю первый член. При расчете тракта телеизмерения мощности принимаем максимально возможное значение мощности ВЛI, поступающее по каналу, равным мощности по этой линии  $\frac{P_{ст}}{пр\ тИI}$  при достижении предела статической устойчивости электропередачи в целом

$$\frac{I_4}{P_{ст} \text{ пр тИI}} \cdot \frac{P_{ст}}{пр I} \cdot K_{A2} \cdot K_{A5(2)} \cdot K_{A8} = U_{\text{вх.А8 макс.}} \quad (4)$$

В соответствии с (4) получим:

$$K_{A2} \cdot K_{A5(2)} = \frac{U_{\text{вх.А8 макс.}}}{\frac{I_4}{P_{ст} \text{ пр тИI}} \cdot \frac{P_{ст}}{пр I} \cdot K_{A8}} = \frac{I_0}{\frac{I_4}{2050} \cdot 3000 \cdot I} = 0,488.$$

Принимаем:  $K_{A5(2)} = 1$ ,  $K_{A2} = 0,488$ .

Характеристика срабатывания реагирующих органов KV I, KV 2 на основании формулы 2, приведенной в разделе Э. I, будет иметь вид:

$$U_{\text{ср. KV1, KV2}} = \frac{P_{ст}}{пр I} \cdot K_{\text{пер}} = 0,90 \frac{P_{ст}}{пр I} \cdot K_{\text{пер}}$$

$K_{\text{п}} = 1,03$  - коэффициент погрешности;

$K_{\text{н}} = 1,05$  - коэффициент надежности;

$K_{\text{ч}} = 1,02$  - коэффициент чувствительности;

$K_{\text{пер}}$  - коэффициент передачи устройства фиксации статической перегрузки шкафа ШП2702.

При принятых значениях коэффициентов шкафа имеем:

$$U_{\text{ср. KV1, KV2}} = 0,90 \cdot \frac{P_{ст}}{пр I} \cdot I_0^6 \cdot \frac{1}{K_{TA} \cdot K_{TV}} \cdot \eta_{TAI(1)} \cdot K_p \cdot K_{AI} \cdot K_{A5(1)} \cdot K_{A8(1)} =$$

$$= 0,90 \cdot I_0 = 9,0 \text{ В.}$$

13778 тм/1 л 42/57



ал. I

Для расчета тракта измерения скорости изменения мощности в выражении (5) следует приравнять нулю все члены выражения кроме первого, тогда:

$$U'_{\text{ВХ.А9макс.}} = P_2 \cdot \Pi_{\text{ТАИ}(t)} \cdot K_p \cdot K_{\text{АI}} \cdot K_{\text{АЗ}(t)} \cdot K(Tg)_{5\text{-ЕIO}} \cdot t \cdot K_{\text{А9}(t)}, (6)$$

где

$U'_{\text{ВХ.А9макс.}}$  - максимальное напряжение на выходе усилителя А9 при поступлении на его вход напряжения по тракту скорости изменения мощности.

Функциональная схема блока НИ100 показана на рис. I лист 55.

Формула для определения  $K(Tg)_{5\text{-ЕIO}}$ , полученная при поступлении на вход блока линейно нарастающего сигнала  $at$ , имеет вид:

$$K = - \left( \frac{\beta \cdot Tg}{t} - \frac{\beta \cdot Tg \cdot e^{-\frac{t}{Tg}}}{t} \right), \text{ где} \quad (7)$$

$$\beta = \frac{R_{\text{ос2}}}{R_{\text{вх.2}}}.$$

Предварительно выбираем постоянную дифференцирования

$Tg = 0,01$  с. Для получения данного значения  $Tg = R_{\text{ос1}} \cdot C_{\text{ос}}$  необходимо изменить величину  $C_{\text{ос}}$  усилителя АI (рис. I лист 55).

В схеме блока заданы равными величины сопротивлений  $R_{\text{ос1}} = R_{\text{ос2}} = R_{\text{вх3}}$ .

В установившемся режиме работы, т.е. при поступлении на вход блока постоянного сигнала, напряжение на его выходе равно нулю. Этого можно добиться регулировкой  $R_{\text{вх1}}$  и  $R_{\text{вх2}}$  при условии, что  $R_{\text{вх1}} = R_{\text{вх2}}$ .

На основании формулы 7 на рис. 2 листа 55 построены зависимости  $K(Tg) = f(t)$  при  $Tg = 0,01$ с и различных величинах входных сопротивлений  $R_{\text{вх1}} = R_{\text{вх2}}$ .

Выбор коэффициента усиления блока НИ100 определяется установившимся значением выходного сигнала блока при поступлении на его вход линейно нарастающего сигнала. Установившееся значение выходного сигнала должно быть получено за время не более, чем 0,05 с.

13478ТМ/1 л. 44/57

407-03-555.90

4I

ал. I

Для определения расчетного значения  $K(Tg)$  необходимо иметь характеристики входного  $U_{вх} = f(t)$  и выходного  $U_{вых} = f(t)$  сигнала блока НИ100.

На рис. 2 и 3 листа 54 показаны зависимости  $P_I = f(t)$  и  $P'_I = f(t)$  полученные по результатам расчета электромеханического переходного процесса из режима  $P_I = 0$  при дефиците мощности в  $n$ -раз превышающем граничный. На характеристике  $P'_I = f(t)$  участок, где скорости изменения мощности близки к максимальному значению, аппроксимируется прямой  $P'_I = \text{const}$ . Расчетное значение  $P'_I = P'_{\text{макс}}(\omega) = 2180 \text{ МВт/с}$  соответствует точке на характеристике 4 рис. I при  $P_I = 0$ . Данное значение  $P'_I$  существует в течение времени  $t \approx 0,45 \text{ с}$ , которого достаточно для срабатывания устройства фиксации динамической перегрузки.

Скорость изменения напряжения на входе блока НИ100 в соответствии с формулой (6):

$$U'_{вх.5-Е10} = P'_I \cdot n_{TAI(\omega)} \cdot K_p \cdot K_{AI} \cdot K_{A3(\omega)} = \frac{2180 \cdot 10^6}{\frac{2000}{1} \cdot \frac{500}{0,1}} \cdot 0,25 \cdot$$

$$\cdot 0,0786 \cdot 1,33 \cdot 1,275 = 7,264 \text{ (В/с)},$$

где значения  $n_{TAI(\omega)}$ ,  $K_p$ ,  $K_{AI}$  получены при расчете устройства фиксации статической перегрузки, а значение  $K_{A3(\omega)}$  принято равным  $K_{A5(\omega)}$ .

На основании полученного значения  $U'_{вх}$  на рис. 4, лист 55 построена зависимость I линейно нарастающего входного сигнала блока НИ100.

На рис. 5 показана зависимость I выходного сигнала блока  $U_{вых} = f(t)$ . Эта зависимость получена при значениях  $K(Tg)$ , соответствующих характеристике 2 на рис. 2. Установившееся значение выходного сигнала блока НИ100 достигается при  $t = 0,04 \text{ с}$ . Такое запаздывание допустимо при измерении скорости изменения мощности.

На основании рассмотренного выше по характеристике 2 принимаем значение  $K(Tg) = 2,454$  для  $t = 0,04 \text{ с}$ .

Установившееся значение выходного напряжения блока НИ100 будет равно:

$$U_{вх.5-Е10} = U_{вх.А9(\omega)} = U_{вх.5-Е10} \cdot t \cdot K(Tg)_{5-Е10} = 7,264 \cdot 0,04 \cdot 2,454 = 0,713 \text{ В}.$$

407-03-555.90

Лист

42

13778ТМ/1 л. 45/54

Уч. № по кат. № 13778ТМ  
Наименование и дата изм. инв. №

ал. I

Максимальное выходное напряжение усилителя А9 для рассматриваемого тракта измерения скорости изменения мощности (6) при данном коэффициенте наклона  $K = 0,63I$  характеристики 4 на рис. I лист 54 определяется уравнением:

$$U'_{\text{ВХ.А9}} + 0,63I U^I_{\text{ВХ.А9}} = 6,3I \text{ (В)},$$

где  $U^I_{\text{ВХ.А9}}$  - напряжение на выходе усилителя А9 при поступлении на его вход напряжения по тракту измерения исходного значения мощности.

При  $U'_{\text{ВХ.А9}} = 0$   $U^I_{\text{ВХ.А9макс}} = U_{\text{ВХ.КВЗ,КВ4}} = 10 \text{ (В)},$

при  $U^I_{\text{ВХ.А9}} = 0$   $U'_{\text{ВХ.А9макс}} = U_{\text{ВХ.КВЗ,КВ4}} = 6,307 \text{ (В)}.$

Тогда коэффициент усиления усилителя А9:

$$K_{A9(1)} = \frac{U_{\text{ВХ.А9макс}}}{U_{\text{ВХ.А9}(1)}} = \frac{6,3I}{0,7I3} = 8,85.$$

Максимально допустимое значение коэффициента усиления  $K_{A9(1)}$  по условию согласования с выходной нагрузкой предыдущего усилителя (блок 5-Е10) равно 10. Для этого необходимо иметь входное сопротивление 2 КОм, что требует изменения входных элементов усилителя А9.

Выбираем значение  $K_{A9(1)} = 5$ , тогда

$$U'_{\text{ВХ.А9макс}} = U_{\text{ВХ.А9}(1)} \cdot K_{A9(1)} = 0,7I3 \cdot 5 = 3,565 \text{ В.}$$

Определим коэффициент изменения усиления напряжения  $KI$  блока Н130 (2-В8) и коэффициенты усиления усилителей  $K_{A7}$  и  $K_{A9(2)}$  в тракте измерения исходного значения мощности, приравнявая нулю все члены выражения 5 кроме третьего

$$P_2 \cdot \Pi_{\text{ТА1}(1)} \cdot K_p \cdot K_{A1} \cdot K_{A5(1)} \cdot K_{A7} \cdot KI \cdot K_{A9(2)} = U^I_{\text{ВХ.А9макс}}. \quad (8)$$

В соответствии с принятым значением  $U^I_{\text{ВХ.А9макс}}$  при расчете тракта измерения скорости изменения мощности и заданным коэффициентом наклона характеристики 4, значение

$U^I_{\text{ВХ.А9макс}}$  для рассматриваемого тракта будет составлять 5,65В.

407-03-555.90

Лист

43

Инд. № 705/2. Исчерпан и дата взыск. инв. № 13778ТМ

13778ТМ/1 л. 46/57

ал. I

Из уравнения характеристики по первичным параметрам

$$P_I^I + 0,63I P_I^I = 2180 \text{ (МВт)}$$

получим  $P_I^I = 3455 \text{ МВт}$ , что соответствует точке на характеристике 4, при  $P_I^I = 0$ .

Преобразовав выражение 8 получим:

$$K_{A7} \cdot KI \cdot K_{A9(2)} = \frac{U_{\text{вых. A9 макс}}^I}{P_I^I \cdot n_{\text{Tal}(1)} \cdot K_p \cdot K_{AI} \cdot K_{A5(1)}} =$$

$$= \frac{5,65}{\frac{3455 \cdot 10^6}{2000 \cdot \frac{500}{1} \cdot 0,1}} \cdot 0,25 \cdot 0,0786 \cdot 1,33 \cdot 1,275 = 0,491.$$

На инерционном усилителе A7 можно получить коэффициент усиления I или 2. Принимаем значение  $K_{A7} = 1$ . На операционном усилителе A9 принимаем минимальное значение коэффициента усиления  $K_{A9(2)} = 0,555$ .

Тогда для получения заданного наклона аппроксимирующей характеристики принимаем значение  $KI = 0,885$ .

Для получения сигнала, пропорционального исходному значению мощности, на инерционном усилителе A7 принимаем постоянную времени преобразования входного сигнала 10с.

В рассматриваемом варианте устройства вторая ступень рассчитывается по характеристике 2', которая аппроксимируется двумя прямыми. Первая аппроксимирующая прямая совпадает с характеристикой 2, а вторая соответствует прямой 5, имеющей коэффициент наклона  $K = 1,091$ .

Максимальные значения выходного напряжения на усилителе A9 при расчете устройства по характеристике 5 равны:

$$U_{\text{вых. A9 макс}}^I = P_I^I \cdot n_{\text{Tal}(1)} \cdot K_p \cdot K_{AI} \cdot K_{A3(1)} \cdot K(T_g)_{5-В10} \cdot t \cdot K_{A9(1)} =$$

$$= \frac{2400 \cdot 10^6}{\frac{2000 \cdot 500}{1} \cdot 0,1} \cdot 0,25 \cdot 0,0786 \cdot 1,33 \cdot 1,275 \cdot 2,454 \cdot 0,04 \cdot 5 = 3,925 \text{ (В)}$$

- по тракту измерения скорости изменения мощности;

$$U_{\text{вых. A9 макс}}^I = \frac{3,925}{1,091} = 3,436 \text{ (В)}$$

13478 TM / 1,47/57

ал. I .

- по тракту измерения исходного значения мощности.

Полученные значения не превышают допустимого выходного напряжения на усилителе А9.

Значение коэффициента КI (2-Е8) будет равно:

$$K_I = \frac{U_{\text{вх.А9 макс}}^I}{P_I \cdot \pi \cdot T_{AI}(t) \cdot K_p \cdot K_{AI} \cdot K_{AZ}(t) \cdot K_{A7} \cdot K_{A9}(2)} =$$

$$= \frac{3,436}{\frac{2200 \cdot 10^6}{2000 \cdot \frac{500}{1} \cdot 0,1}} \cdot 0,25 \cdot 0,0786 \cdot 1,33 \cdot 1,275 \cdot 1 \cdot 0,555 = 0,884 .$$

Значения коэффициентов КI поступают на вход шкафа от комплекса телемеханики (например ТК И13).

Учитывая дискретность изменения коэффициентов блоками шкафа равную 4%, принимаем в расчетах по характеристикам 2 и 2<sup>1</sup> равное значение КI = 0,885.

Выбор коэффициентов преобразования блоков и коэффициентов усиления усилителей для устройства фиксации динамической перегрузки, рассмотренный выше, удобно выполнить при условии, что вся измеряемая величина мощности по сечению I поступает на вход шкафа через трансформаторы тока ТА1 + ТА3, хотя такого режима в действительности может не существовать.

При передаче мощности по каналам телемеханики, осуществляемой на скорости 600 Бод, обновление информации на входе телеизмерения шкафа происходит ориентировочно через 20 мс.

В результате этого при измерении скорости изменения мощности блоком И1100 осуществляется измерение ступенчато нарастающего сигнала.

Формула для определения К (Т<sub>г</sub>)<sub>5-В10</sub>, полученная при поступлении на вход блока постоянного сигнала имеет вид:

$$K = -\beta \cdot e^{-\frac{t}{T_g}} \quad (9)$$

где

$$\beta = \frac{R \cos 2}{R_{\text{вх}2}}$$

13778ТМ/1 л 48/54

13778ТМ



ал. I

где

$K_{пер1}, K_{пер2}$  - коэффициенты передачи устройства фиксации динамической перегрузки шкафа ШИ 2702, равные

$$K_{пер1} = n_{TAI(1)} \cdot K_p \cdot K_{AI} \cdot K_{A3(1)} \cdot K(Tg)_{5-ElO} \cdot t \cdot K_{A9(1)}$$

$$K_{пер2} = n_{TAI(1)} \cdot K_p \cdot K_{AI} \cdot K_{A5(1)} \cdot K_{A7} \cdot KI \cdot K_{A9(2)}$$

$K_{II}, K_{II2}$  - коэффициенты погрешности, в соответствии с разделом 3.3.

$$K_{II} = 1,16 ; \quad K_{II2} = 1,37$$

В формуле 9 значения  $U_{срI}$  и  $U_{срII}$  равны:

$$U_{срIKV5} = \frac{P'_{макс(0)I}}{K_{TA} \cdot K_{TV} \cdot K_{II2}} \cdot K_{пер1}$$

где  $P'_{макс(0)I}$  - точка на прямой 3 при  $P_I^I = 0$ ,

$$U_{срIKV3} = \frac{P'_{макс(0)2}}{K_{TA} \cdot K_{TV} \cdot K_{II2}} \cdot K_{пер1} \quad \text{где}$$

$P'_{макс(0)2}$  - точка на прямой 4 при  $P_I^I = 0$ ,

$$U_{срIKV4} = \frac{P'_{макс(0)3}}{K_{TA} \cdot K_{TV} \cdot K_{II2}} \cdot K_{пер1} \quad \text{где}$$

$P'_{макс(0)3}$  - точка на прямой 6 при  $P_I^I = 0$ .

Для получения наклона характеристик срабатывания при принятых значениях  $K_{II}, K_{II2}$  и  $K_{пер2}$  необходимо изменить значение  $KI$  блока ШИ30 (2-Е8).

Уточненное значение коэффициента передачи по тракту измерения исходного значения мощности равно:

$$K_{пер3} = \frac{K_{II}}{K_{II2}} \cdot K_{пер2}$$

13778 ТМ/1 л 50/57

Шкаф № 1001/1 Измеритель и датчик ИС778ТМ

ал. I

Тогда уточненное значение KI будет равно:

$$KI = \frac{K_{перЗ}}{n_{TAI(4)} \cdot K_p \cdot K_{A5(4)} \cdot K_{A7} \cdot K_{A9(2)}} = 0,749 .$$

Значение коэффициента KI может быть получено от устройства телемеханики ТКПЗ или выставлено персоналом, при этом на шестой разряд должен поступать сигнал логического нуля, а на остальные разряды - логической единицы.

При принятых значениях  $K_{перI}$  и  $K_{перЗ}$  получим следующие уравнения характеристик срабатывания:

для I ступени устройства (KV 5) -

$$K_{перI} \cdot \frac{P_{макс}}{K_{TA} \cdot K_{TV}} + K_{перЗ} \cdot \frac{P^I}{K_{TA} \cdot K_{TV}} = 2,22 (B) .$$

для II ступени устройства (KV 3) -

$$K_{перI} \cdot \frac{P_{макс}}{K_{TA} \cdot K_{TV}} + K_{перЗ} \cdot \frac{P^I}{K_{TA} \cdot K_{TV}} = 2,60 (B) .$$

для II ступени устройства (KV 4) -

$$K_{перI} \cdot \frac{P_{макс}}{K_{TA} \cdot K_{TV}} + K_{перЗ} \cdot \frac{P^I}{K_{TA} \cdot K_{TV}} = 2,86 (B) .$$

где

$$K_{перI} = n_{TAI(4)} \cdot K_p \cdot K_{AI} \cdot K_{A3(4)} \cdot K(T_2)_{5-В10} \cdot t \cdot K_{A9(4)} =$$

$$= 0,25 \cdot 0,0786 \cdot 1,33 \cdot 1,275 \cdot 2,454 \cdot 0,04 \cdot 5 = 0,0164$$

$$K_{перЗ} = \frac{K_{II}}{K_{II2}} \cdot n_{TAI(4)} \cdot K_p \cdot K_{AI} \cdot K_{A5(4)} \cdot K_{A7} \cdot KI \cdot K_{A9(2)} =$$

$$= \frac{1,16}{1,37} \cdot 0,25 \cdot 0,0786 \cdot 1,33 \cdot 1,275 \cdot 1 \cdot 0,885 \cdot 0,555 =$$

$$= 0,0138 .$$

Полярность напряжения срабатывания блоков НИИЮ реагирующих органов KV 3 ÷ KV 5 должна быть положительной.

ШКО. К-СПОБЗ. Подпись и дата  
 13778ТМ  
 Взам. инв. №

407-03-555.90	Лист 48
---------------	------------

13778ТМ/1 л. 57/57

ал. I

## П2.3. Расчет устройства блокировки по сбросу мощности

На входы блока ПИИО (4-Е9) ступени блокировки KV 7 подаются 2 сигнала:

- напряжение  $U_{\text{ВЫХ.А5}}$  положительной полярности при направлении мощности от линии к шинам, пропорциональное текущему значению мощности

$$U_{\text{ВЫХ.А5}} = P_2 \cdot n_{\text{ТА1}(1)} \cdot K_P \cdot K_{\text{А1}} \cdot K_{\text{А5}(1)} + U_{\text{ТН1}} \cdot K_{\text{А2}(1)} \cdot K_{\text{А5}(2)} ;$$

- напряжение  $U_{\text{ВЫХ.А7}}$  отрицательной полярности, пропорциональное исходной мощности

$$U_{\text{ВЫХ.А7}} = ( P_2 \cdot n_{\text{ТА1}(1)} \cdot K_P \cdot K_{\text{А1}} \cdot K_{\text{А5}(1)} + U_{\text{ТН1}} \cdot K_{\text{А2}(1)} \cdot K_{\text{А5}(2)} ) \cdot K_{\text{А7}} .$$

При данной полярности входных сигналов на KV 7 выбирается отрицательная полярность напряжения срабатывания.

Ступень блокировки KV 7 срабатывает при снижении текущего значения мощности ниже исходной и блокирует ступени динамической перегрузки при разности указанных напряжений, большей заданной

$$-U_{\text{ВЫХ.А7}} + U_{\text{ВЫХ.А5}} \leq -U_{\text{с.у. KV7}} .$$

В нормальном установившемся режиме работы

$$-U_{\text{ВЫХ.А7}} = U_{\text{ВЫХ.А5}} .$$

Величина  $U_{\text{с.у. KV7}}$  выбирается согласно формуле (15) данной в разделе 3.4.

$$U_{\text{с.у. KV7}} = P_{\text{НК}} \cdot K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{П}} \cdot K_{\text{Н}} , \quad \text{где}$$

$P_{\text{НК}}$  - амплитуда быстрых (секундных) нерегулярных колебаний.

Для рассматриваемой энергосистемы  $P_{\text{НК}} = 50$  МВт;

$K_{\text{П}} = 1,03$  - коэффициент погрешности аппаратуры;

$K_{\text{Н}} = 1,2$  - коэффициент надежности;

$K_{\text{пер}}$  - коэффициент передачи устройства блокировки шкафа

$$\text{ШП2702. } K_{\text{пер}} = n_{\text{ТА1}(1)} \cdot K_P \cdot K_{\text{А1}} \cdot K_{\text{А5}(1)} .$$

407-03-555.90

Лист  
49

13778 тм/1 а 52/57

ал.

$$U_{с.у.кв7} = \frac{50 \cdot 10^6}{\frac{2000}{1} \cdot \frac{500}{0,1}} \cdot 0,25 \cdot 0,0786 \cdot 1,33 \cdot 1,275 \cdot 1,03 \cdot 1,2 = 0,21 \text{ (В)}.$$

Характеристика срабатывания блокирующего органа по сбросу мощности показана на рис. 4, листа 54.

П2.4. Расчет устройства блокировки по скорости изменения мощности .

На вход блока НИИО (3-Е3) ступени блокировки KV 6 по скорости изменения мощности подается напряжение с выхода блока НИОО(5-Е3):

$$U_{вх.5-Е3} = (P_2 \cdot n_{TAl(t)} \cdot K_p \cdot K_{AI} \cdot K_{AZ(t)} + U_{тгI} \cdot K_{AZ(1)} \cdot K_{AZ(2)}) \cdot K(T_2)_{5-Е3} \cdot t \quad (II)$$

где

$K(T_2)_{5-Е3}$  - коэффициент преобразования блока НИОО (5-Е3);  
 $t$  - время, в течение которого выходной сигнал блока НИОО достигает установившегося значения.

Настройка заданной уставки органа блокировки KV 6 осуществляется аналогично настройке тракта измерения скорости изменения мощности ступеней динамической перегрузки.

Для расчета ступени блокировки в выражении (II) приравняем нулю второй член выражения:

$$U_{вх.5-Е3} = P_2 \cdot n_{TAl(t)} \cdot K_p \cdot K_{AI} \cdot K_{AZ(t)} \cdot K(T_2)_{5-Е3} \cdot t$$

Скорость изменения входного сигнала блока 5-Е3 при максимальном расчетном дефиците мощности для  $P_I^I = 0$  (рис. I лист 54) равна:

$$U'_{вх.5-Е3} = P'_{\text{макс}(0)} \cdot n_{TAl(t)} \cdot K_p \cdot K_{AI} \cdot K_{AZ(t)} = \frac{2500 \cdot 10^6}{\frac{2000}{1} \cdot \frac{500}{0,1}} \cdot 0,25 \cdot 0,0786 \cdot 1,33 \cdot 1,275 = 8,33 \text{ (В/с)}$$

значения  $n_{TAl(t)}$ ,  $K_p$ ,  $K_{AI}$ ,  $K_{AZ(t)}$  получены при расчете устройства фиксации динамической перегрузки.

На рис.4 лист 55 построена зависимость 2 линейно нарастающего входного сигнала блока 5-Е3.

13778 тм/1 а 53/57

Инв. № подл./Листы и дата выдачи/ИД. № 13778 тм

ал. I

На основании формулы 7 (см. П.2.2.) на рис. 2 листа 55 построена зависимость  $K(T_g) = f(t)$  при  $T_g = 0,005c$  и величинах входных сопротивлений блока  $R_{вх.I} = R_{вх.2} = 2 \text{ кОм}$ . Для получения данного значения  $T_g = R_{осI} \cdot C_{ос}$  необходимо изменить величину  $C_{ос}$  усилителя AI блока 5-ЕЗ.

Принимаем коэффициент преобразования блока НИ100 равный 2,454 для  $t = 0,02c$  при установившемся значении выходного сигнала (характеристика 2; рис. 5, лист 55).

Выходное напряжение блока НИ100 будет равно:

$$U_{вх.5-ЕЗ} = U'_{вх.5-ЕЗ} \cdot t \cdot K(T_g)_{5-ЕЗ} = 8,33 \cdot 0,02 \cdot 2,454 = 0,409 (В)$$

Характеристика срабатывания блокирующего органа KV 6 имеет вид:

$$U_{ср.KV6} = K_N \cdot K_{II} \cdot \frac{P'_{макс}}{n_{тТ} \cdot n_{тН}} \cdot K_{пер}$$

где  $K_N = 1,15$  - коэффициент надежности;

$K_{II} = 1,03$  - коэффициент погрешности;

$K_{пер}$  - коэффициент передачи устройства блокировки шкафа ШП2702.

При принятых значениях коэффициентов шкафа имеем:

$$U_{ср.KV6} = 1,15 \cdot 1,03 \cdot 0,409 = 0,484 (В)$$

Блокирующий орган должен быть чувствителен к ступенчатому изменению мощности при переключениях в сети, например, при отключении реакторов или включении параллельной линии, меняющих угловую характеристику мощности. При отключении реактора угловая характеристика меняется на 3-5%, при включении параллельной линии характеристика меняется больше. Поэтому условием проверки чувствительности блокирующего органа выбирается отключение реактора.

Наброс мощности при отключении реактора для рассматриваемого примера принимаем равным 80 МВт. При этом на входе блока НИ100 напряжение изменится на:

$$\Delta U_{вх.5-ЕЗ} = \Delta P \cdot n_{TAI(t)} \cdot K_p \cdot K_{AI} \cdot K_{A3(t)} = \frac{80 \cdot 10^6}{\frac{2000 \cdot 500}{1 \cdot 0,1}} \cdot 0,25 \cdot 0,0786 \cdot 1,33 \cdot 1,275 = 0,266 (В)$$

407-03-555.90

Лист

51

13778 тм/1 х 54/57

ал. I

На основании формулы 9 (см. раздел П2.2) на рис. 6 листа 55 построена зависимость выходного сигнала блока Н1100 при скачкообразном изменении напряжения на его входе при отключении реактора.

Время срабатывания блокирующего органа можно принять равным 1 мс, что определяет работу логической схемы органа. За это время значение коэффициента  $K(T_d)_{5-ЕЗ}$  изменится и будет равно 8,2, а значение выходного сигнала составит:

$$U_{\text{вых.5-ЕЗ}} = \Delta P \cdot \Pi_{\text{ТАИ}(1)} \cdot K_P \cdot K_{AI} \cdot K_{AZ}(1) \cdot K(T_d)_{5-ЕЗ} = \\ = 0,266 \cdot 8,2 = 2,18 \text{ (В)}.$$

Следовательно, устройство блокировки надежно работает при набросе мощности, вызванном отключением реактора.

Полярность напряжения срабатывания блока Н1100 блокирующего органа KV 6 выбирается отрицательной.

Расчет параметров срабатывания шкафа 2 выполняется аналогично.

Имя, № подл., подпись и дата размещения

13778ТМ

13778ТМ/1 л 55/57

407-03-555.90

лист

52

ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иофьев Б.И. Автоматическое аварийное управление мощностью энергосистем. М., Энергия, 1974 г.
2. Портной М.Г., Рабинович Р.С. Управление энергосистемами для обеспечения устойчивости. М., Энергия, 1976 г.
3. Беркович М.А., Комаров А.Н., Семенов В.А. Основы автоматики энергосистем - 2-е изд. М., Энергоиздат, 1981 г.
4. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М., Высшая школа, 1978 г.
5. Электротехнический справочник под редакцией А.Т.Голована, П.Г.Грудинского, Г.Н.Петрова, А.М.Федосеева и М.Г.Чиликина. М., Госэнергоиздат, 1952 г.
6. Руководящие указания по противоаварийной автоматике энергосистем (основные положения). М., Союзтехэнерго, 1987 г.
7. Руководящие указания по устойчивости энергосистем. М., Атомэнергоиздат, 1984 г.
8. Глушкин И.З., Чекаловец Л.Н. Устройство фиксации аварийной перегрузки линии электропередачи, вызванной небалансом активной мощности "Гр.института Энергосетьпроект". М., Энергия, 1976 г., вып.7.
9. Рекомендации по выбору параметров срабатывания устройства фиксации аварийной перегрузки связи, реагирующего на увеличение передаваемой мощности. Инв.№ I0977тм-тI Энергосетьпроект. М., 1983 г.
10. Устройства противоаварийной автоматики на основе полупроводниковых модулей и блоков. Инв.№ 79I3тм-тI. М., Энергосетьпроект, 1975 г.
11. Разработка методов противоаварийного управления много-машинными схемами энергосистем. Инв.№ I0825тм-тI Энергосетьпроект. М., 1981 г.
12. Разработка научно-технических рекомендаций по принципу выполнения и параметрам срабатывания устройств фиксации перегрузки межсистемной связи 500-1150 кВ Казахстан-Сибирь. Инв. № I1835тм-тI, т2, т3. М., Энергосетьпроект.

Инв. № подл. 13778тм  
13778тм

13778тм/1 л. 56/57

407-03-555.90

лист  
53

13. Разработка принципов выполнения и расчет параметров обрабатывания устройства фиксации перегрузки ВЛ 500 кВ Рязанская ГРЭС-ПС Липецкая на этап 1987 г., Инв. № II844тм-тI. М., Энергосетьпроект.

14. Шкаф автоматики перегрузки по мощности типа ШП 2702. Техническое описание и инструкция <sup>по</sup> эксплуатации ИГФР.656456.006 Т0, ИГФР.656456.006 Т01 ВНИИР г.Чебоксары, 1983 г.

15. Устройство телемеханики малоканальное УТМ-7. Информационные материалы по применению, 1985 г., Киев, Киевский филиал ЦНКС ПО Союзэнергоавтоматика, 1985 г.

16. Схемы устройства фиксации перегрузки электропередачи с применением шкафа ШП 2702. Проект. № II842тм-тI, т2.

Инв. № 13778 тм  
13778 тм

13778 тм / 1, 57 / 57