

ЛИТЕРАТУРА

1. Г л е б о в И. А. Системы возбуждения мощных синхронных машин. — Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1979. — 314 с.
2. О к о г о к о в R. V., П е р ш и к о в G. A., С м о л о в и к S. V. Damping Properties Maintained by the Different Structures of Excitation Control // Proceedings of the 10th International Power System Conference. — Teheran, Iran, 1995. — P. 19–28.
3. А в а д А. Е., О к о н Л. И., О к о р о к о в Р. В., С м о л о в и к С. В. Исследование интенсивности предлагаемого АРН-SDPM стабилизатора // Вопросы развития энергосистем: Тр. науч. конф. — Санкт-Петербург, 1992. — С. 23–28.
4. Excitation System Models for Power System Stability Studies // IEEE Committee Report // IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems. — Vol. PAS — 100. № 2, February 1981. — P. 494–509.

Представлена кафедрой
электротехники и электроники

Поступила 17.01.2000
После доработки 19.02.2001

УДК 621.311:658.012.011.56

УПРАВЛЕНИЕ ОХЛАЖДЕНИЕМ ТРАНСФОРМАТОРОВ (АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ) — ТИПОВАЯ ЗАДАЧА АСУ ТП ПОДСТАНЦИИ

Инженеры БУРЛЮК В. В., ЛУЦЕВИЧ М. Н., ЦАРЕВ Б. П.

Государственное научно-производственное объединение «АГАТ»

Инж. БУНИН Ю. В.

ПО «Витебскэнерго»

Инж. СОЛОМОНИК А. И.

Витебские электрические сети

Электрическая энергия при передаче к потребителю претерпевает многократную трансформацию на подстанциях. Длительная (непрерывная) работа трансформаторов подстанции обеспечивается системами охлаждения, сложность которых зависит от их мощности. Штатные системы охлаждения существующих трансформаторов большой мощности содержат группы охладителей, которые автоматически включаются в зависимости от нагрузки и температуры верхних слоев масла. При этом часть групп охладителей включается одновременно с трансформатором и остается включенной независимо от нагрузки. Температурные и нагрузочные уставки таких систем охлаждения остаются неизменными при всех, в том числе сезонных, условиях. Очевидно, что наличие постоянно включенных групп охладителей независимо от нагрузочного режима и сезонных условий приводит к нерациональным затратам электроэнергии собственных нужд подстанции, которые для трансформаторов 125–200 МВ·А достигают 150 тыс. кВт·ч/год [1].

Кроме того, при контроле температуры верхних слоев масла отсутствует возможность достоверно судить о важном факторе – температуре наиболее нагретой точки обмотки трансформатора, определяющей износ витковой изоляции и соответственно срок службы трансформатора.

Рациональный расход и экономия электроэнергии собственных нужд могут быть достигнуты при параметрическом управлении включением оптимально необходимого количества охлаждающих установок в зависимости от изменения температурно-нагрузочных параметров (ТНП).

Задача оптимального управления охлаждением трех автотрансформаторов (АТ) реализована в составе функциональных задач (ФЗ) АСУ ТП ПС 330 кВ «Витебская». Фрагмент структуры программно-технического комплекса (ПТК), выполняющего данную задачу, приведен на рис. 1 и содержит:

- ПЭВМ – персональная ЭВМ из состава АРМ диспетчера;
- К-К – контроллер-концентратор (промышленная ЭВМ);
- МК – микропроцессорные контроллеры, установленные на АТ.

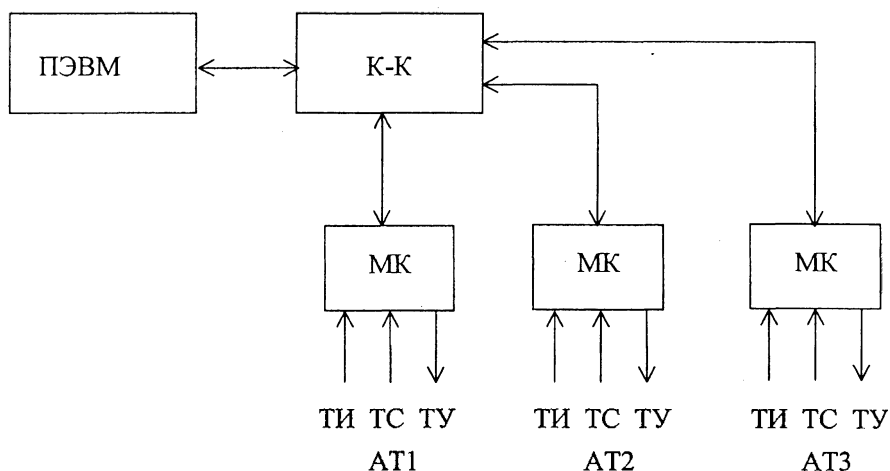


Рис. 1

Обмен информацией между устройствами осуществляется с использованием последовательного интерфейса по проводным и волоконно-оптическим линиям связи.

Функциональная задача работает в двух режимах:

контроль штатных условий работы систем охлаждения на соответствие требованиям заводов-изготовителей АТ (режим ШТАТНЫЙ);

параметрическое управление системами охлаждения (режим АРМ).

Задача запускается циклически с настраиваемым параметром Δt_i и может быть отключена на любом АТ, но при этом сохраняется процедура контроля ТНП (для информационной поддержки БД АСУ ТП).

Задание режимов работы задачи и управление включением/отключением групп охладителей обеспечивается путем выдачи соответствующих сигналов ТУ (ВКЛ./ОТКЛ.) на схему управления охлаждением каждого из АТ.

Для решения задачи используются следующие входные данные по каждому АТ:

- 1) текущие телеизмерения (ТИ) –

ток нагрузки по стороне 110 кВ $I_{\phi} B_i$;
температура масла в верхних слоях обмотки Θ_{Mi} ;
2) текущая телесигнализация (ТС) –
состояние вентиляторных установок каждой группы охладителей (ВУ);

состояние масляных насосов (МН) каждой группы охладителей;
состояние команд телеуправления (ТУ);

3) настраиваемые константы теплового режима АТ –
значение номинального тока нагрузки по стороне 110 кВ $I_{ном}$;
номинальное значение превышения температуры обмотки над температурой масла $v_{нт.ном.}$;

максимально допустимая температура масла Θ_{mmax} ;

максимально допустимая температура обмотки $\Theta_{нт.max}$;

максимально допустимая относительная нагрузка K_{max} ;

значение зоны нечувствительности температуры масла $\Delta\Theta_{Mi}$, определяющее критерий пуска процесса охлаждения в режиме АРМ;

значения ТНП, определяющие условия работы штатной системы охлаждения;

4) настраиваемые параметры для управления охлаждением в режиме АРМ –

предельные значения Θ_{Mi} и K_i , определяющие условия включения/отключения ВУ каждой группы охладителей;

интервал запуска функции Δt_i ;

время ожидания поступления сигналов ТС от МН и ВУ каждой группы охладителей.

Выходной информацией процесса управления охлаждения являются следующие исполнительные команды ТУ:

управление включением/отключением каждой ВУ;

управление режимами работы функции АРМ/ШТАТНЫЙ.

Программное обеспечение ПЭВМ реализует процедуры по каждому АТ:

настройка задачи, заключающаяся во вводе настраиваемых параметров процесса и передача их значений в К-К;

отображение и документирование текущих значений ТНП, режима работы функции, состояния ВУ и МН, контрольно-диагностических сообщений (КДС) о нарушениях в процессе проведения функции;

звуковое и речевое сопровождение КДС;

формирование, архивирование базы данных по параметрам процесса и диагностическим сообщениям.

Программное обеспечение и оконечные устройства МК реализуют процедуры:

сбор и передачу на К-К состояний ТС и значений ТИ, используемых в процессе;

исполнение команд ТУ для управления оборудованием систем охлаждения каждого АТ.

Программное обеспечение К-К реализует процедуры:

текущий контроль тепловых режимов работы АТ;

контроль работы систем охлаждения каждого АТ в штатном режиме;

параметрическое управление системами охлаждения каждого АТ в режиме АРМ.

Контроль тепловых режимов АТ заключается в определении текущих значений K_i и $\Theta_{\text{ннт}i}$ в каждом цикле запуска задачи и формировании массивов текущих значений этих параметров.

После каждого запуска задачи осуществляется анализ рабочего состояния АТ и определяется текущее значение тока нагрузки в диапазоне нормального режима.

По значению тока нагрузки производится вычисление относительной нагрузки АТ [2] по выражению

$$K_i = \frac{I_{\phi} B_i}{I_{\text{ном}}}, \quad (1)$$

где $I_{\phi} B_i$ – текущее значение тока нагрузки;

$I_{\text{ном}}$ – номинальное значение тока нагрузки (параметр настраиваемый).

При изменении значения K_i не менее чем на 0,1 осуществляется корректировка текущего значения температуры обмотки АТ $\Theta_{\text{ннт}}$.

При определении (корректировке) $\Theta_{\text{ннт}}$ рассчитывается текущее значение превышения температуры обмотки над температурой масла как функция текущего значения нагрузки [2] по выражению

$$v_{\text{ннт}i} = v_{\text{ннт.ном}} K_i^y, \quad (2)$$

где $v_{\text{ннт.ном}}$ – номинальное значение превышения (параметр настраиваемый);

K_i – значение относительной нагрузки по (1);

y – константа, показатель, зависящий от принципа охлаждения, для системы охлаждения ДЦ принимает значение 1,8.

Далее определяется текущее значение температуры обмотки [2]

$$\Theta_{\text{ннт}i} = \Theta_{\text{м}i} + v_{\text{ннт}i}, \quad (3)$$

где $\Theta_{\text{м}i}$ – текущее измеренное значение температуры масла АТ.

При определении $\Theta_{\text{ннт}i}$ считается [2], что температура обмотки при изменении нагрузки мгновенно достигает установившегося значения и далее изменяется аналогично изменению температуры масла.

Погрешность вычисления K_i составляет 0,1, а $\Theta_{\text{ннт}}$ – дробные значения градуса. В результате вычислений определяется выход величин K_i и $\Theta_{\text{ннт}i}$ за критические значения, заданные в таблице констант теплового режима каждого АТ с формированием соответствующих диагностических сообщений на ПЭВМ.

При контроле работы систем охлаждения АТ в штатном режиме осуществляется контроль текущих значений тока нагрузки K_i , $\Theta_{\text{м}i}$, $\Theta_{\text{ннт}i}$ и соответствие работы оборудования (МН, ВУ) систем охлаждения АТ условиям, заданным в таблице констант теплового режима. При несоответствии работы оборудования заданным условиям формируются диагностические сообщения на ПЭВМ.

Функцией параметрического управления охлаждением (авто)трансформаторов является определение и автоматическое включение опти-

мального количества охладителей ВУ, обеспечивающих достаточный теплообмен для текущих параметров теплового режима.

В основу процесса управления охлаждением положена упрощенная модель выбора требуемого числа ВУ по основным параметрам

$$N = f(\Theta_{Mi}, K_i), \quad (4)$$

где N – количество охладителей (ВУ).

Параметрическое управление охлаждением каждого АТ осуществляется по командным таблицам.

Командные таблицы управления реализуют модель по (4) и определяют соответствие между текущими значениями Θ_{Mi} , K_i и числом групп ВУ(N), которые требуется включить или отключить для обеспечения теплового баланса.

При определении значений Θ_{Mi} , K_i для командной таблицы управления предполагается, что количество теплоты, отводимой от нагретой поверхности АТ за счет обдува, прямо пропорционально числу включенных групп ВУ.

Настройка ТНП для каждого АТ позволяет определить оптимальный режим управления охлаждением любого типа АТ.

Предлагаемый алгоритм позволяет осуществить управление обдувом, приняв в качестве одного из критериев температуру масла Θ_{Mi} в АТ. В свою очередь Θ_{Mi} учитывает температуру окружающей среды. Таким образом, даже при значительных K_i Θ_{Mi} может иметь значения, для которых достаточный теплообмен по схеме «обмотка–масло–охлаждаемая поверхность–окружающая среда» обеспечивается минимальным числом ВУ. Это особенно характерно для зимнего периода эксплуатации при отрицательных значениях температуры окружающей среды.

Включение ВУ осуществляется по результатам анализа текущих значений Θ_{Mi} . При этом оценка тенденции изменения текущих значений Θ_{Mi} производится не менее чем за три цикла запуска функции с учетом зоны нечувствительности $\Delta\Theta_M$.

Если в результате оценки наблюдается стабильное увеличение значений Θ_{Mi} , то осуществляется формирование команд ТУ на включение соответствующих вентиляторных групп. Соответствующие команды ТУ формируются в результате сравнения Θ_{Mi} со значениями Θ_M командной таблицы АТ. При этом включаются все вентиляторные установки, температурные параметры включения которых меньше либо равны текущему значению Θ_{Mi} .

Выключение ВУ осуществляется комбинированным способом по результатам анализа текущих значений K_i и Θ_M .

Если в результате анализа значение K_i не изменяется, но при этом наблюдается тенденция к снижению Θ_{Mi} , то осуществляется формирование команд ТУ на отключение соответствующих ВУ. Команды ТУ формируются в результате сравнения текущего значения Θ_{Mi} со значением Θ_M командной таблицы АТ. При этом отключаются все вентиляторные группы, температурные параметры отключения которых больше либо равны текущему значению Θ_{Mi} .

Если в результате анализа наблюдается понижение значения K_i , то независимо от текущего значения Θ_{Mi} осуществляется формирование команд ТУ на отключение соответствующих ВУ. Команды ТУ форми-

руются в результате сравнения текущей величины K_i со значениями командной таблицы. При этом отключаются все ВУ, нагрузочные параметры которых больше либо равны K_i .

Для исключения возможного перегрева АТ предусматривается включение всех ВУ при значении $K_i > 1$.

При обнаружении отказа реагирования ВУ или МН на команды ТУ функция обеспечивает включение резервных групп охладителей.

При управлении охлаждением АТ все сбойные ситуации процесса и отказы оборудования охладителей обеспечиваются диагностическими сообщениями.

Диагностические сообщения сопровождаются речевыми комментариями и рекомендациями действий диспетчерского персонала.

Результаты решения этой функциональной задачи могут быть использованы для реализации других задач АСУ ТП ПС:

- расчета ресурса трансформатора (автотрансформатора);
- расчета допустимых нагрузок трансформатора (автотрансформатора);
- технологической предупредительной и аварийной сигнализации;
- советчика диспетчера.

ВЫВОДЫ

1. Разработана и реализована программно-техническими средствами АСУ ТП подстанции 330 кВ «Витебская» задача автоматического управления охлаждением трех автотрансформаторов с обеспечением следующих возможностей:

- диалоговой настройки задачи;
- контроля, регистрации и представления температурно-нагрузочных параметров и состояния оборудования систем охлаждения АТ;
- формирования контрольно-диагностических сообщений по сбойным ситуациям процесса;
- формирования рекомендаций для диспетчерско-оперативного персонала подстанции по видам сбойных ситуаций;
- сопровождения контрольно-диагностических сообщений звуковой сигнализацией и (или) речевыми комментариями;
- ведения архива данных всех видов информации.

2. Обеспечивается контроль работы систем охлаждения АТ в штатном режиме.

3. Эксплуатация задачи в течение ряда лет обеспечивает уменьшение затрат электроэнергии собственных нужд подстанции на охлаждение всех АТ в 2–2,2 раза.

4. Задача может тиражироваться и быть адаптирована на других подстанциях в рамках структуры АСУ ТП ПС или в виде локального программно-технического комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баркан Я. Д. Эксплуатация электрических систем. — М.: Высш. шк., 1990. — С. 53.
2. ГОСТ 14209–85. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки.

Поступила 6.12.2000