

6. Штенгель В.Г, Недялков В.С. Тепловизионное обследование железобетонных плит крепления откосов грунтовых гидротехнических сооружений// Инженерно-строительный журнал. 2011г. №7. С 26-32.

Научный руководитель: Е. Ю. Затева, к.т.н., доцент, Саяно-Шушенский филиал Сибирского федерального университета.

## **ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНЫХ ПЕРЕТОКОВ ПО ЛЭП С ПОМОЩЬЮ СМПР**

Д.С. Савченко

Национальный исследовательский Томский Политехнический  
Университет Энергетический институт

В настоящее время контроль и нормирование запасов статической устойчивости осуществляется в соответствии с методологическими указаниями по устойчивости энергосистем [2].

Определение предельных перетоков активной мощности по ЛЭП осуществляется путем утяжеления установившегося режима, которое заключается в последовательном увеличении перетока мощности в контролируемых сечениях по заданной траектории, далее по полученным значениям предельного перетока рассчитываются допустимые перетоки по условиям статической апериодической устойчивости.

Данные расчеты не могут учесть всю совокупность возможных схемно-режимных ситуаций. Поэтому для повышения надежности функционирования ЭЭС предъявляются завышенные требования к запасам статической устойчивости, что приводит к снижению экономических показателей функционирования энергосистемы.

Принципиально новым подходом к ведению режима ЭЭС по предельным перетокам, протекающим по ЛЭП, является оценка тяжести режима работы ЛЭП в режиме реального времени на основе использования информации от систем мониторинга переходных режимов (СМПР).

СМПР (WideAreaMeasuringSystems, или WAMS) представляет собой технологию синхронизированной векторной регистрации параметров электрического режима.

В качестве устройств, для регистрации параметров, используются многофункциональные измерительные преобразователи МИП-02 и Arbiter1133a.

Регистратор обеспечивает запись в архивы информации с привязкой к астрономическому времени следующих электрических параметров, поступающих с преобразователей:

- метка времени;
- фазные напряжения;
- линейные напряжения (пофазно).
- фазные токи;
- коэффициент мощности (пофазно);
- активная мощность (пофазно);
- суммарная активная мощность;
- реактивная мощность (пофазно);
- суммарная реактивная мощность;
- полная мощность (пофазно);
- суммарная полная мощность.

Метрологические характеристики каналов измерения напряжения, тока и мощности определяются характеристиками многофункционального измерительного преобразователя МИП-02 и Arbiter1133a, входящего в состав комплекса регистратора.

МИП-02, Arbiter1133a представляет собой функционально и конструктивно законченный прибор, подключаемый непосредственно к трансформаторам тока и напряжения (ТТ и ТН). В основном конструктивном исполнении устройство имеет вид плоского блока формата "Евромеханика 19" для установки в соответствующий шкаф. Для автономной установки измерительных преобразователей может использоваться монтажный комплект. Обмен данными МИП-02, Arbiter1133a с сервером сбора производится по сети Ethernet 10/100 Мбит и протоколу МЭК 60870-5-104. Регистратор обладает следующими метрологическими характеристиками:

1. Предел допускаемой основной относительной погрешности:
  - измерения напряжения - +0,15 %;
  - измерения силы тока - +0,2 %;
  - измерения активной мощности - +0,2 %.
2. Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения частоты  $\pm 0,001$  Гц.
3. Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения угла вектора напряжения между синусоидой напряжения сети и синусоидой 50 Гц, привязанной к астрономическому времени  $\pm 0,1$  Л.

В целях удобства работы с регистратором компанией "РТСофт" разработано разнообразное сервисное программное обеспечение:

- программа конвертации Converter обеспечивает возможность преобразования файлов данных, записанных во внутреннем формате, в форматы csv и Comtrade, а также предоставляет функцию дорасчета вычисляемых величин на основе измерений МИП-02, Arbiter1133a;

- программа Graph\_SmartWAMS предоставляет простой и удобный способ построения различных графиков из архивных файлов, позволяет проводить сравнение поведения различных параметров ЭЭС на разных объектах.

Высокая точность измерений, надежность и простота в эксплуатации делают регистратор параметров переходных режимов SMART-WAMS удобным инструментом для наблюдения за поведением ЭЭС и дают возможность эффективно использовать его на объектах электроэнергетической отрасли [3].

Как известно, в самом простом случае, предельный переток по ЛЭП определяется для двухмашинной энергосистемы (см. рис. 1), следующим соотношением

$$P = \frac{EU}{X} \cdot \sin \delta^\circ. \quad (1)$$

E - синхронная ЭДС генератора

U - напряжение энергосистемы

X - эквивалентное сопротивление ЛЭП

$\delta$  - предельный угол передаваемой мощности

Предельный переток по ЛЭП будет соответствовать углу, равному 90 град. Это позволяет для данных схем производить оценку предельного перетока путем синхронизированного измерения значений углов по концам ЛЭП. К схемам двухмашинного эквивалента можно привести межсистемные ЛЭП, с заданными значениями напряжения по концам ЛЭП. На рисунке 1 приведена схема двухмашинной ЭЭС.

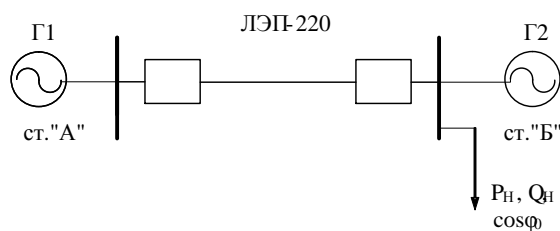


Рис.1. Схема исследуемой двухмашинной энергосистемы

Произвели определение предельных режимов для данной схемы путем проведения утяжеления в программе Rastrwin при различных значениях сопротивления ЛЭП. В таблице №1 приведены результаты расчетов.

Таблица №1 – Результаты расчета

U1	U2	P	X	Угол
220	220	1450	32	90
		850	64	91
		600	96	89

Как видно из таблицы №1, при изменении сопротивления ЛЭП происходит изменение значения предельного перетока, однако при этом сохраняется предельное значение угла между векторами напряжений. Близость угла к значению 90 градусов будет определяться близостью рассматриваемой схемы, к схеме двухмашинного эквивалента.

Появление промежуточной нагрузки, изменение значений напряжений на шинах и ряд других факторов будет приводить к отклонению предельного значения угла от значения 90 град. [1], что требует проведения дополнительных исследований с целью корректировки предельных значений углов по концам ЛЭП или использования дополнительной информации, регистрируемой СМНР.

Таким образом, проведенные исследования показали практическую возможность оценки предельных перетоков мощности по межсистемным ЛЭП, близких по своей структуре к схеме двухмашинного эквивалента в режиме реального времени.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем. М.: Энергия, 1979. С. 17.
2. Методологические указания по устойчивости энергосистем. М.: НЦ ЭНАС, 2004. 21с.
3. Нестерова А.В. Семенова Т.И. Регистраторы параметров переходных режимов на российском энергетическом рынке// ЭнергоРынок. 2007. №10. С. 34-37.

Научный руководитель: И.М. Кац, к.т.н., доцент кафедры электрических сетей и электротехники НИ ТПУ ЭНИН.