

УДК 621.713.13:621.313

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАЩИТЫ ОТ АСИНХРОННОГО ХОДА
ГЕНЕРАТОРОВ БЛОЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

Сивокобыленко В.Ф., д.т.н., проф., Смирнова М.А., к.т.н., доцент

Донецкий национальный технический университет

83000, г. Донецк, ул. Артема, 58

E-mail: svf@elf.dgtu.donetsk.ua

На підставі результатів математичного моделювання виконаний аналіз поведінки захисту генератора від асинхронного ходу при зовнішніх симетричних коротких замиканнях і в режимі втрати порушення. Виявлено, що в деяких випадках можливо періодичне спрацьовування й відпадиння контактів пускових органів розглянутого захисту. Запропоновано вдосконалену схему захисту генератора від асинхронного ходу, пускові органи якої виконані із затримкою на відпадиння з метою забезпечення надійного відключення несинхронно працюючих генераторів після усунення зовнішніх КЗ.

Ключові слова: електростанція, релейний захист, генератор, асинхронний хід.

On the basis of the results of mathematical modeling the analysis of behavior of the generator protection against asynchronous mode at external symmetric short circuits and in the mode of excitation loss is executed. It is exposed that periodic operation and fall-off of contacts of starting elements of the examined protection is possible in some cases. The improved circuit of generator protection against asynchronous mode is offered, its starting elements are time-lagged for fall-off with to provide the reliable disconnection of asynchronously working generators after the removal of external short circuits.

Key words: power station, relay protection, generator, asynchronous mode.

Введение. Совершенствование устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) является одним из основных методов повышения надежности работы современных энергетических систем. Особенно это важно для мощных системных узлов, какими являются блочные электростанции (ЭС) с агрегатами единичной мощности 200-800 МВт.

В связи с этим весьма актуальны решаемые в предлагаемой работе задачи оценки поведения устройств РЗА и уточнения параметров их срабатывания путем анализа переходных процессов на ЭС в таких режимах как короткие замыкания (КЗ) в электрических сетях и потеря генераторами возбуждения.

Анализ предыдущих исследований. Существующие методы расчета токов КЗ для выбора уставок РЗА не учитывают возможного перехода генераторов в асинхронный режим после отключения внешних симметричных КЗ с выдержками времени, что может привести к несрабатыванию этих защит [1, 2]. В настоящее время широкое распространение получили методы моделирования электромеханических переходных процессов на электрических станциях, позволяющие расчетным путем определять необходимые параметры их эксплуатации. С использованием разработанной математической модели ЭС [3], в работах [4, 5] выполнен анализ поведения дистанционной и токовой резервных защит генераторов для блоков 300 МВт, а в работе [6] - для блоков 800 МВт. Однако, в них не рассмотрено поведение других защит. Поэтому представляет

интерес дальнейшее развитие указанных исследований.

Цель работы – повышение надежности работы ЭС за счет усовершенствования защиты генератора от асинхронного хода путем уточнения параметров срабатывания и схемы выполнения защиты на основании результатов математического моделирования.

Материал и результаты исследований.

Существенный недостаток схем электрических соединений ЭС на напряжении 330 кВ и выше заключается в том, что при КЗ на отходящем присоединении, неотключенной основной защитой, и последующей работе устройства резервирования отказа выключателей (УРОВ), часть присоединений остается в работе. При этом генераторы теряют устойчивость, т.к. отключение происходит с выдержкой времени более 0,5с.

Согласно [1] отключить генераторы в таких ситуациях должны следующие защиты, принятые на блочных ЭС в качестве резервных:

- от сверхтоков, вызванных внешними КЗ, выполненная в виде токовой защиты с блокировкой минимального напряжения;
- от внешних симметричных КЗ, выполненная в виде дистанционной защиты на реле КРС-2;
- от асинхронного хода, реагирующая на ток статора и изменение направления реактивной мощности.

Поведение первых двух из вышеперечисленных защит рассматривалось в работах [4, 5]. В настоящей работе внимание уделено анализу поведения защиты генератора от асинхронного хода

при потере генератором возбуждения, а также при переходе генератора в асинхронный режим после отключения внешних симметричных КЗ с выдержкой времени.

С помощью компьютерной программы [3, 5], исследовалась блочная ЭС по типу Угледорской ТЭС с двумя уровнями повышенного напряжения 110 и 330 кВ, соединенными автотрансформаторной связью. Рассматривался режим, когда на систему шин 110 кВ работал один блок турбогенератор-трансформатор мощностью 300 МВт, а на систему шин 330 кВ - один блок 300 МВт и один блок 800 МВт. Мощность 250 МВт с $\cos\varphi=0,95$ выдавалась в электрическую систему на стороне 110 кВ и 1000 МВт с $\cos\varphi=0,95$ - на стороне 330 кВ. Все генераторы работали с коэффициентом загрузки $K_z = 1$. Учитывались двигатели собственных нужд ЭС.

Моделировался режим 3-фазного КЗ на отходящей от шин 330 кВ линии электропередачи и последующий режим работы с нарушением устойчивости генераторов, а также режим выхода генератора из синхронизма с потерей возбуждения. Некоторые результаты моделирования приведены на рис. 1-10.

На рис. 1, 2 показаны действующие значения фазного тока генератора ТГВ-300 при 3-фазных КЗ на отходящей от СШ 330 кВ ЛЭП на расстоянии 1 км и 10 км соответственно. КЗ возникали в момент времени 0,05 с и были отключены в момент 1,5 с.

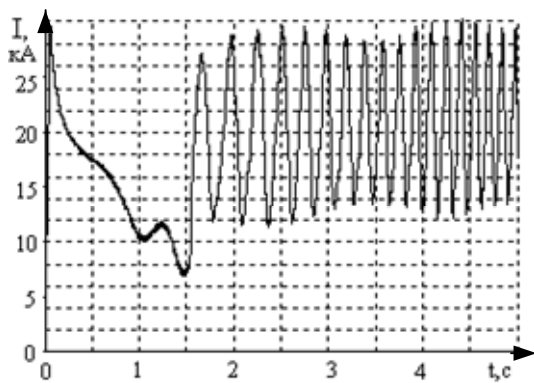


Рисунок 1 – Действующее значение фазного тока генератора ТГВ-300 (КЗ на ЛЭП - 1 км)

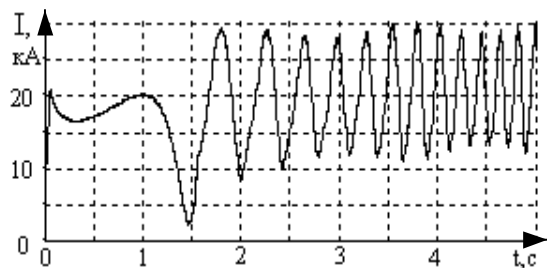


Рисунок 2 – Действующее значение фазного тока генератора ТГВ-300 (КЗ на ЛЭП - 10 км)

Как видно из осциллограмм (рис. 1, 2), скорость затухания тока во время КЗ существенно зависит от

удаленности КЗ, а после отключения КЗ ток статора генератора имеет колебательный характер с амплитудой колебаний в пределах приблизительно от $I_{ном}$ до $3I_{ном}$, причем частота колебаний со временем увеличивается.

На рис. 3-5 показано изменение значений активной, реактивной и полной мощностей генератора ТГВ-300 при 3-фазном КЗ на отходящей от СШ 330 кВ ЛЭП на расстоянии 1 км.

Из рис. 3 следует, что после отключения КЗ генератор переходит в режим потребления реактивной мощности со средним значением мощности порядка 400 МВАр.

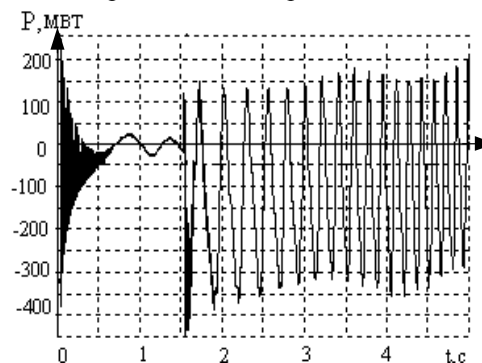


Рисунок 3 – Активная мощность генератора ТГВ-300 при КЗ на отходящей от СШ 330 кВ ЛЭП (1 км)

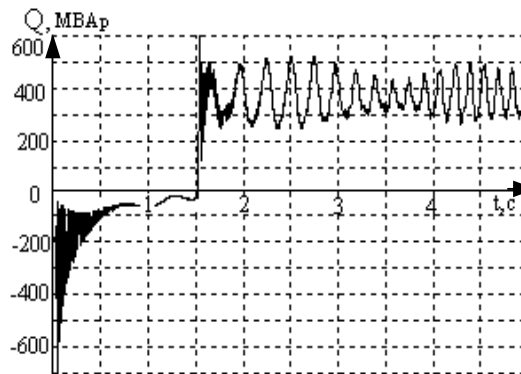


Рисунок 4 – Реактивная мощность генератора ТГВ-300 при КЗ на отходящей от СШ 330 кВ ЛЭП (1 км)

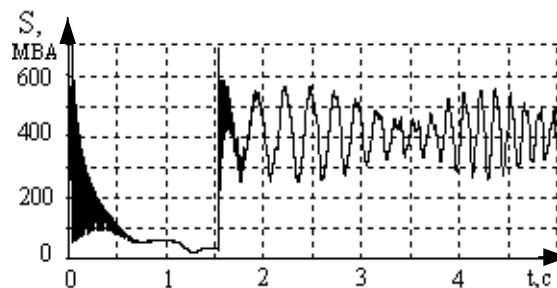


Рисунок 5 – Полная мощность генератора ТГВ-300 при КЗ на отходящей от СШ 330 кВ ЛЭП (1 км)

Защита от асинхронного хода, реагирующая на ток статора и изменение направления реактивной

мощности, имеет уставку по току 12,75 кА, по мощности – 7,2 МВАр, по времени – 0,5 с. Орган направления мощности будет срабатывать надежно (рис. 4), а контакт пускового токового органа может в некоторых случаях (например, рис. 2) отпадать при первых проворотах ротора, что нежелательно, так как при этом увеличивается время несинхронной работы генератора.

На рис. 6 приведен ток возбуждения генератора ТГВ-300, имеющего систему самовозбуждения, при 3-фазном КЗ на отходящей ЛЭП на расстоянии 1 км от СШ 330 кВ.

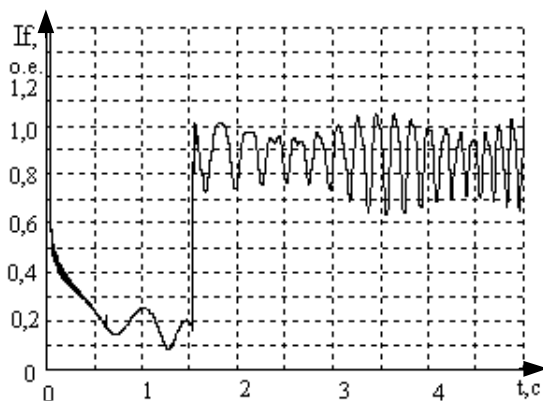


Рисунок 6 – Ток возбуждения генератора ТГВ-300 при КЗ на отходящей от СШ 330 кВ ЛЭП (1 км)

Далее рассмотрен режим потери генератором ТГВ-300 возбуждения в момент времени 0,1с. На рис. 7-10 показаны действующие значения фазного сопротивления, тока, напряжения и реактивной мощности на выводах генератора ТГВ-300.

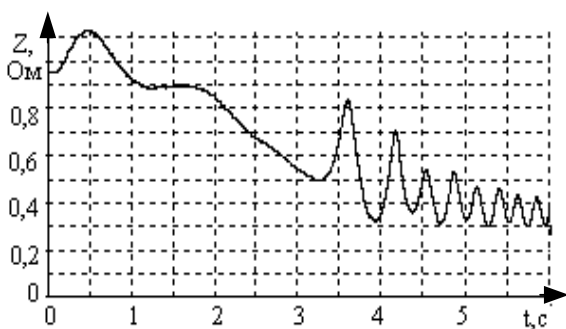


Рисунок 7 – Действующее значение фазного сопротивления на выводах генератора ТГВ-300 при потере возбуждения

Как видно из рис. 8, 10 защита от асинхронного хода, реагирующая на ток статора и изменение направления реактивной мощности, с указанными выше уставками сработает и отключит генератор до его выпадения из синхронизма.

Если защита от асинхронного хода будет выполнена на реле сопротивления, она также должна успешно сработать (рис. 7).

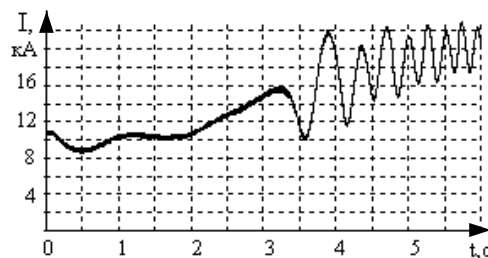


Рисунок 8 – Действующее значение фазного тока генератора ТГВ-300 при потере возбуждения

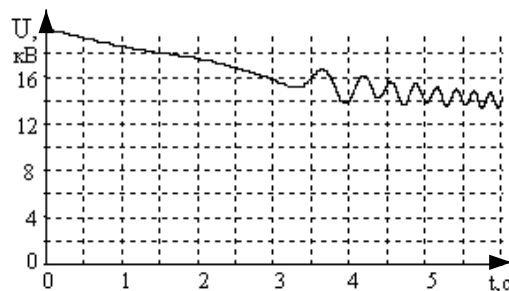


Рисунок 9 – Фазное напряжение на выводах генератора ТГВ-300 при потере возбуждения

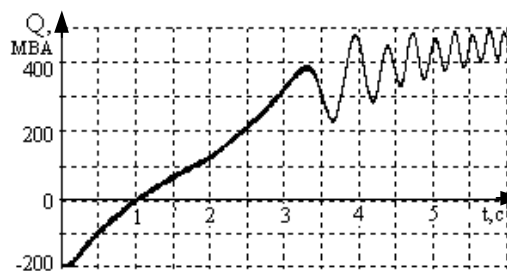


Рисунок 10 – Реактивная мощность генератора ТГВ-300 при потере возбуждения

Таким образом, результаты моделирования показали, что после отключения внешних КЗ с большими выдержками времени генераторы переходят в асинхронный режим работы с пониженным током возбуждения для генераторов с системами самовозбуждения (рис. 6) или без потери возбуждения для генераторов с независимыми системами возбуждения. Их токи, напряжения, сопротивления, мощности имеют пульсирующий характер, что приводит к периодическому срабатыванию и отпаданию контактов пусковых реле резервных защит. Это значит, что при существующем подходе к выбору уставок рассматриваемых защит, когда значения величин, от которых отстраиваются пусковые органы, предполагаются неизменными, может возникнуть длительный режим несинхронной работы генератора и вызвать его повреждение.

С целью обеспечения надежного отключения несинхронно работающих генераторов после отключения внешних КЗ с выдержками времени, предлагается пусковые органы защит выполнять с задержкой на отпадание со временем,

превышающим полупериод биений той величины, на которую реагирует пусковой орган защиты. Для рассматриваемого случая это время по данным моделирования составляет 0,2-0,3 с.

На рис. 11 представлена усовершенствованная схема резервной защиты генератора от асинхронного хода, в которой существующие схемы дополнены промежуточными реле KL1, KL2 для более надежного срабатывания, имеющими задержку на отпадание, что позволит отстроиться от качаний.

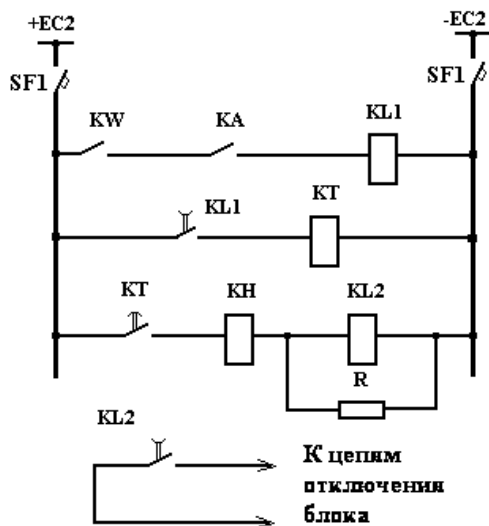


Рисунок 11 – Усовершенствованная схема резервной защиты генератора от асинхронного хода

Схема включает следующие элементы:

- токовое реле максимального действия КА, фиксирующее бросок тока при возникновении КЗ, включенное на фазный ток статора генератора;
- реле мощности KW;
- реле времени KT1;
- дополнительно устанавливаемые промежуточные реле KL1, KL2, имеющие задержку на отпадание.

Выводы. С помощью разработанной математической модели ЭС для генератора ТГВ-300 с системой самовозбуждения выполнены расчеты параметров режима при потере возбуждения и при коротких замыканиях различной удаленности.

На основании результатов моделирования проведен анализ поведения защиты генератора от асинхронного хода при близких и удаленных коротких замыканиях.

Выявлено, что после отключения внешних КЗ с большими выдержками времени генераторы пере-

ходят в асинхронный режим работы, их напряжения и токи имеют колебательный характер, что не учитывается при выборе уставок их резервных защит, и может привести к несрабатыванию указанных защит. Для устранения этого недостатка предлагается пусковые органы резервных защит генераторов, в частности защиту от асинхронного хода, выполнять с задержкой на отпадание с целью обеспечения надежного отключения несинхронно работающих генераторов после устранения внешних КЗ.

Результаты исследований позволили усовершенствовать существующую схему резервной защиты генератора 300 МВт и могут быть также рекомендованы для использования при выборе уставок других защит.

Анализ результатов математического моделирования показал, что при оценке поведения устройств релейной защиты целесообразно использовать математические модели, основанные на полных дифференциальных уравнениях, позволяющие наиболее адекватно отражать поведение элементов электрической системы в переходных режимах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР.- М.: Энергоатомиздат, 1986.- 648 с.: ил.
2. Гуревич Ю.Е., Либова Л.Е., Окин А.А. Расчеты устойчивости и противоаварийной автоматики в энергосистемах. - М.: Энергоатомиздат, 1990 – 390 с.
3. Сивокобыленко В.Ф., Меженкова М.А. Математическое моделирование электромеханических переходных процессов на электрических станциях. Электричество, 2001, №4, – С. 5-9.
4. Сивокобыленко В.Ф., Меженкова М.А. Анализ поведения резервных защит генераторов блочных электростанций при внешних симметричных коротких замыканиях // Збірник наукових праць ДонДТУ. Серія “Електротехніка і енергетика”, випуск 21: Донецьк: ДонДТУ, 2000.– С. 120-122.
5. Сивокобыленко В.Ф., Смирнова М.А. Оценка поведения устройств релейной защиты на основании математического моделирования // Вісник інженерної академії України. Вип. 2. – Київ: ІАУ. - 2007. – С. 153 – 157.
6. Сивокобыленко В.Ф., Смирнова М.А. Совершенствование устройств релейной защиты и автоматики электрических станций // Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии (ДГМА). Выпуск 3 (9). – Краматорск: ДГМА, 2007.- С. 242 – 248.

Стаття надійшла 10.04.2008р.