

ПОВЕДЕНИЕ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ С СИСТЕМАМИ САМОВОЗБУЖДЕНИЯ ПРИ БЛИЗКИХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЯХ

*Сивокобыленко В.Ф., д.т.н.,
Меженкова М.А., асп.*

В настоящее время на большинстве блочных электростанций Украины с агрегатами 200-300 МВт системы тиристорного возбуждения генераторов выполнены по схеме самовозбуждения, в которой используется шунтовой трансформатор, подключенный к выводам генератора, и отсутствует последовательный трансформатор в цепи генератора. При близких коротких замыканиях и отказе основных защит генератор должен отключиться резервными защитами с большими выдержками времени. Однако, из-за затухания напряжения возбуждения, тока и напряжения генератора может произойти отказ в работе резервных защит. В настоящее время отсутствуют методы расчета токов и напряжений таких генераторов при коротких замыканиях различных длительностей и удаленностей.

Целью данной работы является анализ поведения генераторов с системами самовозбуждения.

Разработана математическая модель блочной электростанции, к шинам которой подключены два энергоблока с системами самовозбуждения, электрическая система через трансформатор, а также линия с активно-индуктивной нагрузкой, на которой моделировались КЗ различной удаленности.

На каждом шаге расчета из решения системы алгебраических уравнений методом Гаусса находились напряжения в узлах схемы, а затем из решения дифференциальных уравнений элементов методом Рунге-Кутты определялись токи генераторов, электрической системы, ток в месте короткого замыкания.

Математическое моделирование осуществлялось по полным дифференциальным уравнениям Парка-Горева для элементов системы: генераторов, трансформаторов, линий. Для генераторов учитывались массивы роторов, представленные 2-контурными схемами замещения по каждой из осей d и q и обмотка возбуждения по оси d . Параметры элементов моделируемой электростанции приведены в таблицах 1-3.

Таблица 1 – Параметры генераторов (о.е.)

| Тип | S_n , МВА | U_n , кВ | $\cos \varphi_n$ | I_n , кА | R_s | X_s | X_{ad} | X_{aq} |
|---------|-------------|------------|------------------|------------|--------|-------|----------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| ТГВ-200 | 235,3 | 15,75 | 0,85 | 8,625 | 0,0011 | 0,124 | 1,716 | 1,661 |

Продолж. таблицы 1

| Rrd(1) | Rrd(2) | Xrd(1) | Xrd(2) | Rrq(1) | Rrq(2) | Xrq(1) | Xrq(2) | R_f | X_f |
|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|----------|-------|
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 0,031 | 0,079 | 0,445 | 0,036 | 0,0917 | 0,01202 | 0,05483 | 0,2035 | 0,000845 | 1,906 |

Таблица 2 – Параметры трансформаторов

| Тип | S_n , МВА | U_v , кВ | U_n , кВ | P_k , кВт | U_k , % | R_t , о.е.* | X_t , о.е.* |
|----------------|-------------|------------|------------|-------------|-----------|---------------|---------------|
| ТДЦ-250000/220 | 250 | 242 | 15,75 | 600 | 11 | 0,00226 | 0,103 |

Таблица 3 – Параметры линии и нагрузки

| ЛЭП | | | Нагрузка | |
|-----------|------------|------------|------------------|------------------|
| Длина, км | Худ, Ом/км | Руд, Ом/км | $X_{нг}$, о.е.* | $R_{нг}$, о.е.* |
| 200 | 0,435 | 0,121 | 0,043 | 1,079 |

* – параметры приведены к генераторному напряжению.

Моделировались короткие замыкания различной удаленности на отходящей от шин электростанции линии электропередачи.

Токи генераторов и напряжения на выводах генераторов при трехфазных коротких замыканиях на сборных шинах электростанции и на отходящей линии на расстоянии 10 км от шин приведены на рис. 1, 2 и рис. 3, 4 соответственно.

При коротком замыкании (КЗ) на сборных шинах станции (рис. 1, 2) генератор отделяется от системы точкой КЗ. В момент возникновения замыкания напряжение скачком снижается до $0,25U_{ном}$, а сверхпереходное значение тока достигает значения $5,8I_{ном}$. Затухание тока статора до $1,2I_{ном}$ происходит за время 1,2 с, а до $I_{ном}$ – за 3 с. За это время напряжение на выводах генератора снизилось до $0,17 U_{ном}$.

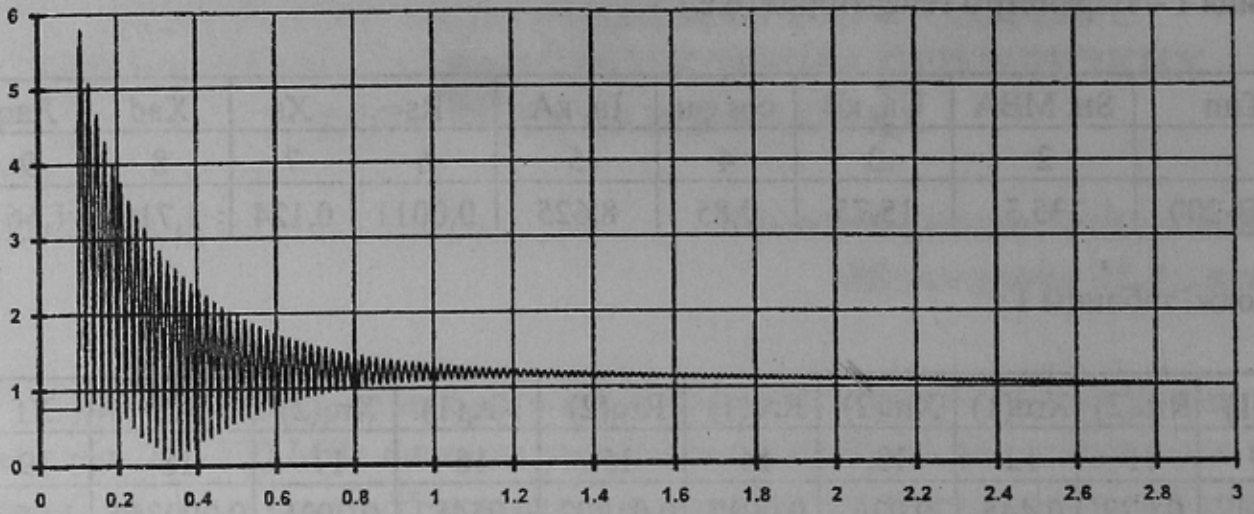


Рисунок 1 – Ток генератора при КЗ на шинах

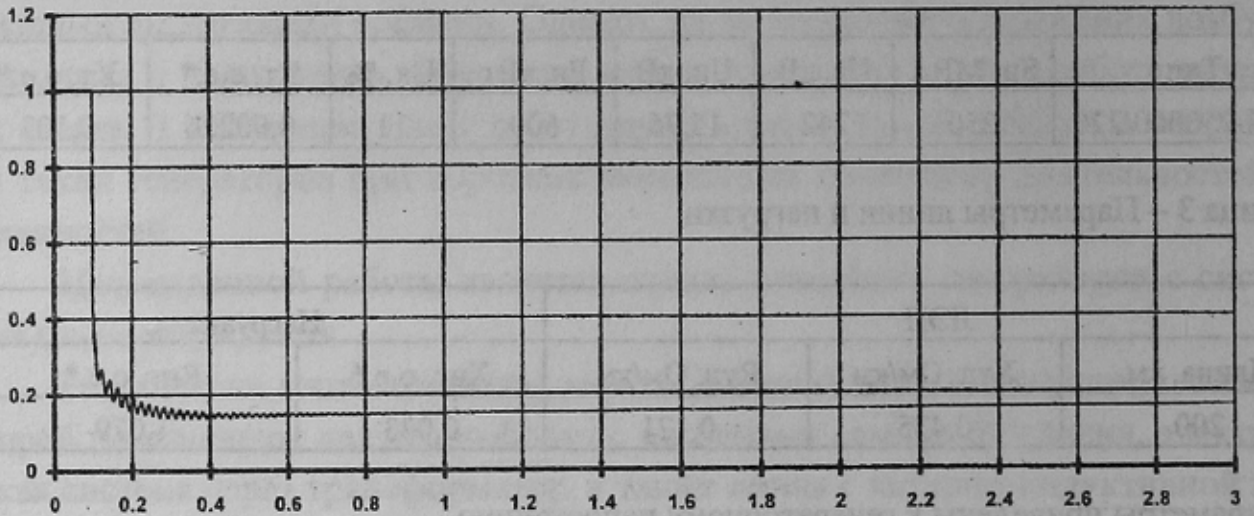


Рисунок 2 – Напряжение на выводах генератора при КЗ на шинах

При КЗ на отходящей линии (рис. 3, 4) на ее сопротивлении создается падение напряжения, пропорциональное токам генераторов и системы. Через 0,5 с после возникновения КЗ угол сдвига фаз между токами генераторов и системы достигает 180° , после чего начинаются колебания токов и напряжений статоров генераторов. Среднее значение тока через 3 с составило, как и при КЗ на шинах, значение равное $I_{ном}$.

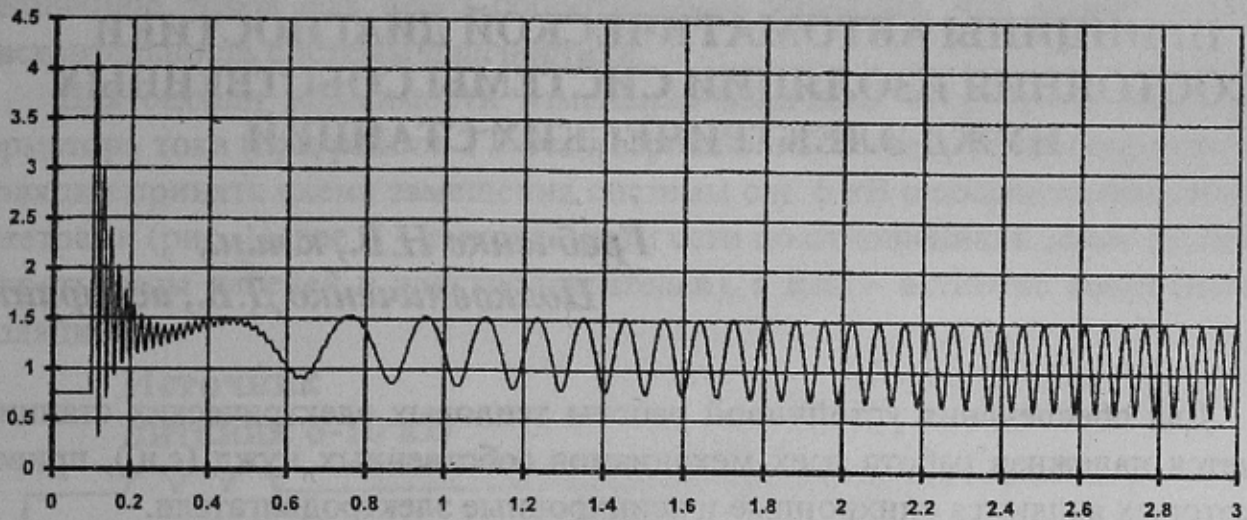


Рисунок 3 – Ток генератора при КЗ на отходящей линии

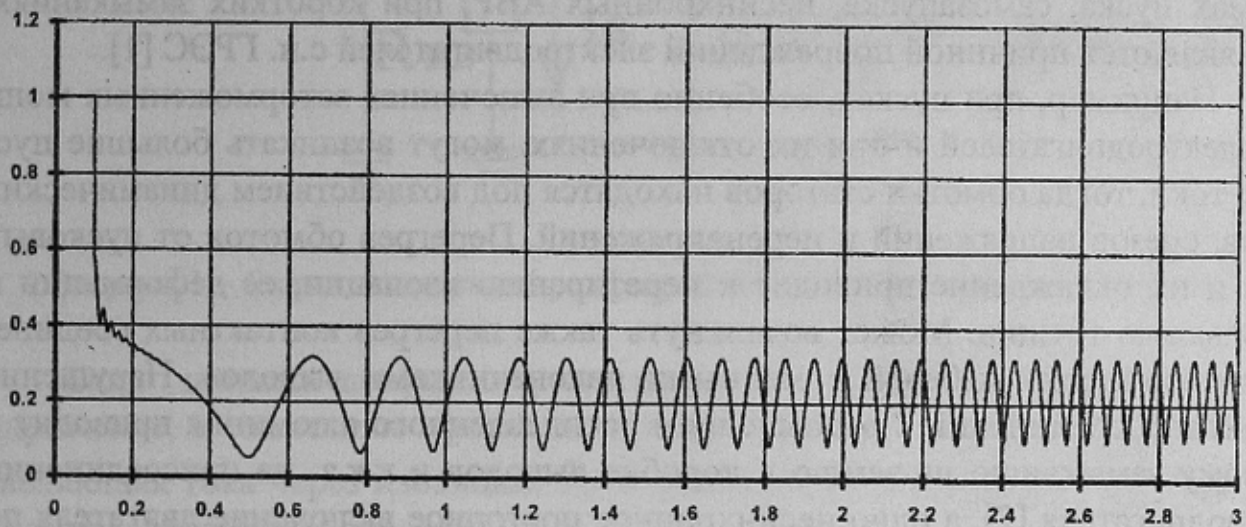


Рисунок 4 – Напряжение на выводах генератора при КЗ на отходящей линии

Приведенные данные рекомендуются для использования при выборе уставок устройств релейной защиты генератора, в частности его резервных защит, действующих с большими выдержками времени.