

УДК 621.31

https://doi.org/10.33619/2414-2948/99/34

РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТОКОВ ТРЕХФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

©*Жолонов О. М., Курп-Сайская ГЭС, каскада Токтогульских ГЭС филиала ОАО
«Электрические станции», г. Кара-Куль, Кыргызстан*

CALCULATED VALUES OF THREE-PHASE SHORT-CIRCUIT CURRENTS IN THE POWER SUPPLY SYSTEM OF THE SYNCHRONOUS GENERATOR EXCITATION SYSTEM

©*Zholonov O., Kurp-Sai HPP, cascade of Toktogul HPPs, branch of JSC Electric Stations,
Kara-Kul, Kyrgyzstan*

Аннотация. Рассмотрены расчетные значения токов трехфазного короткого замыкания в системе электроснабжения системы возбуждения типа СТС-2100-250-2,5 УХЛ4 синхронного генератора типа СВ-1130-220-44-УХЛ4.

Abstract. In this article, the calculated values of three-phase short-circuit currents in the power supply system of the excitation system of the STS type are considered-2100-250-2,5 UHL4 synchronous generator type SV-1130-220-44- UHL4.

Ключевые слова: электротехнический аппарат, система возбуждения, короткие замыкания, расчет токов короткого замыкания, номинальное напряжение, номинальный ток.

Keywords: electrical apparatus, excitation system, short circuits, calculation of short-circuit currents, rated voltage, rated current.

Электрические и магнитные свойства синхронных генераторов, как и других электрических машин, отображаются их характеристиками, представляемыми обычно в форме зависимости между двумя величинами, обуславливающими определенные стороны рабочего процесса машины. Для синхронных генераторов наглядное представление о ряде основных их свойств дают характеристики холостого хода, короткого замыкания, нагрузочная, внешняя и регулировочная. Выбор элементов основного электротехнического оборудования системы возбуждения должны быть сведение с требованием к электрическим аппаратам работающие в нормальных режимах и аварийных режимах системы возбуждения. Электротехнические аппараты, шины и контрольные кабеля системы возбуждения электростанции должны быть выбраны по условиям длительной работы и проверены по условиям короткого замыкания в соответствии с требованием и указаниям ПУЭ.

Режимы короткого замыкания трехфазного синхронного генератора могут быть симметричные и несимметричные, установившиеся и внезапные. Здесь рассматривается установившееся короткое замыкание для случая, когда все три фазы замкнуты непосредственно на зажимах генератора. Зависимость установившегося тока трехфазного короткого замыкания генератора от тока возбуждения при постоянной частоте вращения ротора представляет характеристику короткого замыкания $I_{кз}=f(I_B)$ при $U=0$, $n=n_n$.

Цель работы. Выбор каждого электротехнического аппарата системы возбуждения

производится по основным параметрам. Основными параметрами и условиями для электротехнических аппаратов возбуждения являются:

- номинальное напряжение электротехнического аппарата — междуфазное напряжение электроустановки;
- номинальный ток электротехнического аппарата — наибольший длительный ток, при котором электротехнический аппарат может работать неограниченное время при расчетных условиях охлаждения;
- род электроустановки внутренняя и наружная;
- конструктивное исполнение выбираются на основе технико-экономической оценки вариантов распределительных устройств.

Выбранные электротехнические аппараты системы возбуждения должны проверяться по электродинамической и термической устойчивости при коротких замыканиях.

Короткие замыкания происходят в электрических системах при нарушении изоляции токоведущих элементов электрических устройств в результате ее естественного старения, своевременного не выявленного путем профилактических испытаний или каких либо повреждений в эксплуатации. Короткие замыкания сопровождаются протеканием в электрической сети тока короткого замыкания, значительно превышающего ток нормального режима работы поврежденного элемента сети и резким понижением напряжения, что приводит к повреждениям электротехнического и электрического оборудования, нарушению параллельной работы электростанции и системы, к нарушениям технологических процессов производства электрической энергии. Расчет токов короткого замыкания имеет большое значение и необходимо для: выбора электрического и электротехнического оборудования; выбора средств ограничения токов короткого замыкания; расчета устройств релейной защиты и автоматики для системы возбуждения синхронных гидрогенераторов. При расчете токов короткого замыкания необходимо знать сопротивление короткозамкнутой цепи. Для определения сопротивления составляется расчетная схема, в котором учитывается все источники питания и элементы схем, соединяющие источники с точкой короткого замыкания.

Расчет токов короткого замыкания должно выполняться в полном объеме, который необходим для выбора установки защиты оборудования. Короткие замыкания влияют на различные электрические нагрузки. Учет влияния отдельных элементов нагрузок на процессы при коротком замыкании представляет комплексные нагрузки отдельных узлов определенного состава потребителей и схемы их электроснабжения [2].

В основе расчета токов короткого замыкания положены паспортные и технические данные элементов электротехнического оборудования.

Определяем ток трехфазного короткого замыкания на выводах генератора типа СВ-1120/220-4: номинальное напряжение $U_{ном.г} = 15,75$ кВ; номинальная мощность $P_{ном.г} = 200$ МВт; номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi_{ном.г} = 0,85$; номинальный ток генератора:

$$I_{ном.г} = \frac{P_{ном.г}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.г} \cdot \cos\varphi_{ном.г}} = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 15,75 \cdot 0,85} = 8,62 \text{ кА}$$

Сверхпереходное сопротивление продольной оси $x''_d = 0,205$.

Сверхпереходная ЭДС генератора:

$$E''_Г = \sqrt{(U_{ном.г} \cdot \cos\varphi_{ном.г})^2 + (U_{ном.г} \cdot \sin\varphi_{ном.г} + x''_d \cdot I_{ном.г})^2} = \\ = \sqrt{(15,75 \cdot 0,85)^2 + (15,75 \cdot 0,52 + 0,205 \cdot 8,62)^2} = 16,75 \text{ кА}$$

Ток трехфазного короткого замыкания на зажимах генератора в начальный момент времени $I_{\text{пог}} = \frac{E''}{\sqrt{3} \cdot x_d''} = \frac{16,75}{\sqrt{3} \cdot 0,205} = 47,2$ кА.

Кратность формирования по току $K_i = 2$.

Ток генератора в режиме формирования $I_{\text{фг}} = 2 \cdot I_{\text{ном.г}} = 2 \cdot 8,62 = 17,25$ кА.

Ток подпитки места короткого замыкания на выводах генератора (+20% от энергосистемы):

$$I_{\text{сумм.к.з.}} = 1,2 \cdot (I_{\text{фг}} + I_{\text{пог}}) = 1,2 \cdot (51,75 + 47,2) = 118,7 \text{ кА}$$

Определяем ток короткого замыкания за преобразователь или трансформатором типа ТСЗП-2500/15, номинальная мощность трансформатора преобразовательного $S_{\text{ном.ПТ}} 2500$ кВА.

Номинальное напряжение высокой стороны преобразовательного трансформатора $U_{\text{вн.ПТ}} = 15,75$ кВА.

Номинальное напряжение низкой стороны преобразовательного трансформатора $U_{\text{к.з.ПТ}} = 0,56$ кВА.

Номинальный ток на стороне низкого напряжения преобразовательного трансформатора $U_{\text{к.з.ПТ}} = 6,1\%$.

Базисное напряжение $U_6 = 0,56$ кВ.

Базисное напряжение преобразовательного трансформатора $S_6 = S_{\text{ПТ}} = 2,5$ МВА.

Базисный ток при напряжении 0,56 кВ $I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{61}} = \frac{2,5}{\sqrt{3} \cdot 0,56} = 2,58$ кА.

Сопротивление сети относительно точки короткого замыкания, приведенное к базисным условиям $x_{\text{сб}} = \frac{I_6}{I_{\text{сумм.кз}}} = \frac{2,58}{118,7} = 0,02$ Ом.

Сопротивление преобразовательного трансформатора, приведенное к базисным условиям $x_{\text{ПТб}} = \frac{U_{\text{к.нн}}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{\text{ТСН}}} = \frac{6,1}{100} \cdot \frac{2,5}{2,5} = 0,061$ Ом.

Эквивалентное сопротивление, приведенное к базисным условиям $x_{\text{экр}} = x_{\text{сб}} + x_{\text{ПТб}} = 0,02 + 0,061 = 0,083$ Ом.

Начальная составляющая тока трехфазного короткого замыкания на стороне низкого напряжения (НН) преобразовательного трансформатора $I_{\text{по}} = \frac{E''}{x_{\text{экр}}} \cdot I_6 = \frac{1}{0,083} \cdot 2,58 = 31,2$ кА.

Вывод

Произведенные расчеты тока трехфазного короткого замыкания на выводах генератора типа СВ-1120/220-44 и на трансформаторе типа ТСЗП-2500/15 полностью соответствуют требованиям ПУЭ, а также указаниям нормативно-технической документации по их эксплуатации.

Список литературы:

1. Неклепаев Б. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. М.: ЭНАС, 2011.
2. Жолонов О. М. Методика расчета и определения токов короткого замыкания в особых условиях электроэнергетической системы // Известия Ошского технологического университета. 2016. №1. С. 8-10. EDN: YGSQIH
3. Правила устройства электроустановок. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1959.

References:

1. Neklepaev, B. (2011). Rukovodyashchie ukazaniya po raschetu tokov korotkogo zamykaniya i vyboru elektrooborudovaniya. Moscow. (in Russian).
2. Zholonov, O. M. (2016). Metodika rascheta i opredeleniya tokov korotkogo zamykaniya v osobykh usloviyakh elektroenergeticheskoi sistemy. *Izvestiya Oshskogo tekhnologicheskogo universiteta*, (1), 8-10. EDN: YGSQIH. (in Russian).
3. Pravila ustroystva elektroustanovok (1959). Moscow. (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 05.01.2024 г.*

*Принята к публикации
14.01.2024 г.*

Ссылка для цитирования:

Жолонов О. М. Расчетные значения токов трехфазного короткого замыкания в системе электроснабжения системы возбуждения синхронного генератора // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №2. С. 365-368. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/99/34>

Cite as (APA):

Zholonov, O. (2024). Calculated Values of Three-phase Short-circuit Currents in the Power Supply System of the Synchronous Generator Excitation System. *Bulletin of Science and Practice*, 10(2), 365-368. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/99/34>