

Рисунок 2 – Максимально допустимая расчетная мощность ИВГ в питающей сети на разных ступенях компенсации реактивной мощности

Заключение

Компенсация реактивной мощности предприятия в интервале изменения нагрузки от 150 до 2600 кВт с коэффициентом мощности 0,8...0,9 обеспечивается четырьмя секциями БК: 3×25, 3×50, 3×100 и 3×200 кВАр.

Поддержание коэффициента мощности на границе балансовой принадлежности не менее 0,92 осуществляется автоматическим регулированием компенсации реактивной мощности по семи ступеням: 3×25, 3×50, 3×75, 3×100, 3×150, 3×225 и 3×375 кВАр.

Резонансная частота сети зависит от параметров нагрузки 0,4 кВ. Наихудшие условия работы БК возникают в

минимальном режиме потребления электроэнергии, когда компенсация реактивной мощности выполняется первой ступенью батарей.

Получены графические зависимости, позволяющие оценить возможность применения БК для компенсации реактивной мощности с учетом реальных параметров нагрузки 0,4 кВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электромагнитная совместимость потребителей: моногр./ И.В. Жежеленко, А.К. Шидловский, Г.Г. Пивняк и др. — М.: Машиностроение, 2012. — 351 с.
2. Жежеленко, И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. — 4-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 2000. — 331 с.
3. S. Chaladying, A. Charlansut and N. Rugthaichareoncheep, "Parallel resonance impact on power factor improvement in power system with harmonic distortion," TENCON 2015 -2015 IEEE Region 10 Conference, Macao, 2015, pp. 1-5.

Авторы:

Дрей Надежда Михайловна, ООО "Центр Энергосервисных предприятий нефтегазовой промышленности", аспирант I курса ФГБОУ ВО "Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова";

Афанасьева Ольга Владимировна, Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова".

ЦИФРОВАЯ ЗАЩИТА РОТОРА ТУРБОГЕНЕРАТОРА ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В ДВУХ ТОЧКАХ

Антонов В.И., Наумов В.А., Солдатов А.В., Иванов Н.Г., Николаева О.П.
ООО НПП «ЭКРА», Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова

Введение

Повреждения обмотки ротора турбогенератора в двух точках с замыканием на корпус приводят к нарушению симметрии магнитного поля, в связи с чем возникает сильная вибрация

ротора, а в местах повреждения протекают большие токи, приводящие к выгоранию стали [1].

Первая защита от двойных замыканий в истории релейной защиты использовала четырехплечевой мост (например, КЗР-2 [2,

3)). Она вводилась в действие при замыканиях обмотки ротора в одной точке. Недостатком принципа этой защиты является необходимость ручной настройки моста. Кроме того, такая настройка занимает некоторое время, в течение которого генератор с повреждением в одной точке остается без защиты. Очевидно и то, что в случае нарушения контакта релейной щетки с валом генератора защита теряет работоспособность [1].

Указанные недостатки преодолеваются в защите, использующей для выявления повреждения вторую гармонику напряжения статора [4-6]. В настоящем докладе рассматривается реализация цифровой защиты ротора турбогенератора от замыканий на землю в двух точках на этом принципе.

Оценка напряжения обратной последовательности второй гармоники

Характерной особенностью замыканий на землю в двух точках является появление напряжения второй гармоники в каждом фазном напряжении генератора. Чередувание фаз соответствует обратной последовательности, поэтому защита

должна реагировать на напряжение второй гармоники с обратным чередованием фаз.

Классическая схема оценки напряжения обратной последовательности второй гармоники состоит из фильтров ортогональных составляющих (ФОС) и фильтра обратной последовательности (ФОП) (рис. 1,а). При номинальной частоте такая схема подавляет основную гармонику и не имеет методической погрешности, но при уходе частоты от номинальной ФОС теряет эту способность [7], из-за чего на выходе схемы появляется небаланс

$$U_{2,2r}^{нг}(f) = U_1 H_1(f) + U_2 H_2(f), \Gamma$$

де U_1 и U_2 – действующие значения напряжений прямой и обратной последовательностей на входе схемы соответственно, $H_1(f)$ и $H_2(f)$ – коэффициенты передачи схемы для прямой и обратной последовательностей на частоте f (рис. 2,а). Заметим, что напряжение нулевой последовательности не влияет на величину небаланса (1), поскольку она полностью подавляется ФОП при любой частоте входного сигнала.

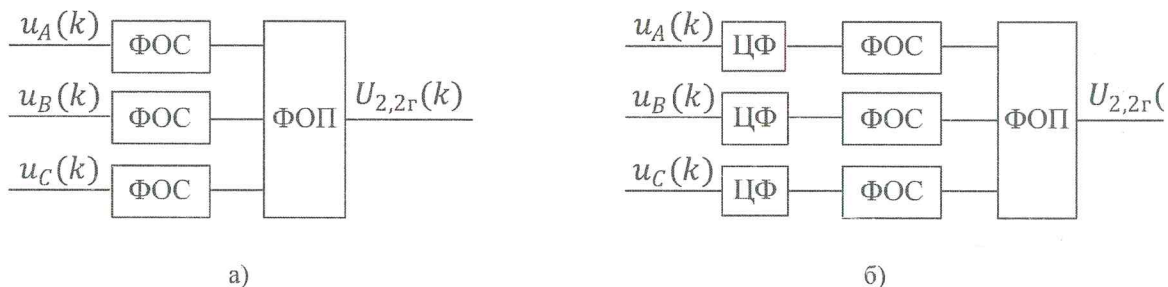


Рис.1. Классическая (а) и усовершенствованная (б) схемы оценки напряжения обратной последовательности

В нормальном режиме работы генератора максимальное значение напряжения прямой последовательности на выводе статора равно [8]

$$U_1 = 1,1U_{ном}$$

а напряжение обратной последовательности [9]

$$U_2 = 0,06U_{ном}$$

Здесь $U_{ном}$ – номинальное фазное напряжение генератора.

Максимальное напряжение небаланса на выходе классической схемы (рис. 1,а) в диапазоне частот от 45 до 55 Гц достигается при частоте $f = 55$ Гц и равно $U_{2,2r}^{нг} = 1,1U_{ном}H_1(55) + 0,06U_{ном}H_2(55) \approx 5\%U_{ном}$.

Необходимость отстройки от такого небаланса снижает чувствительность классической схемы.

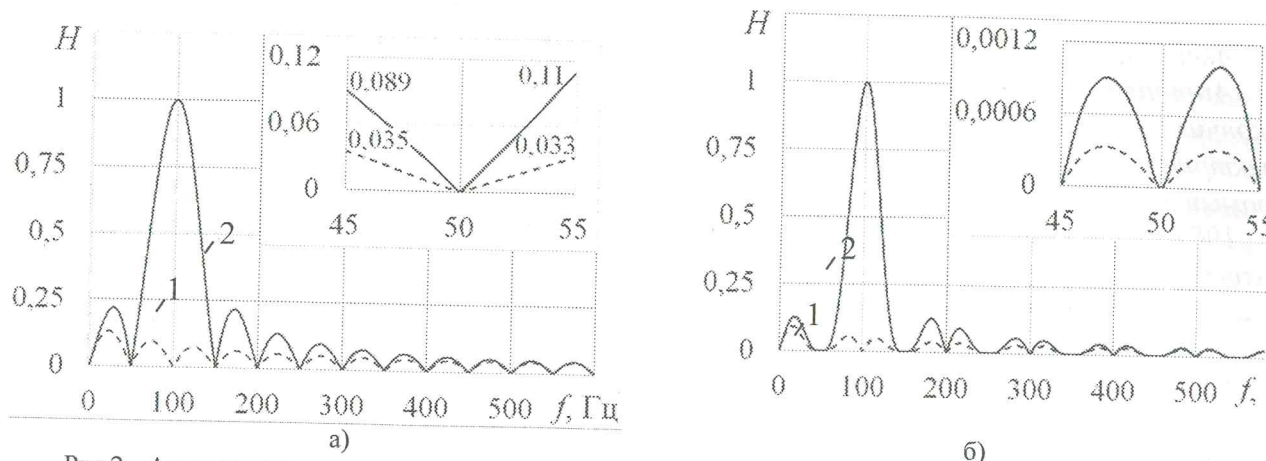


Рис.2. Амплитудно-частотные характеристики классической (а) и усовершенствованной (б) схем оценки напряжения обратной последовательности второй гармоники: 1 – по прямой последовательности $H_1(f)$; 2 – по обратной последовательности $H_2(f)$

С целью повышения чувствительности защиты была разработана усовершенствованная схема оценки напряжения обратной последовательности второй гармоники (рис. 1,б). Благодаря дополнительной цифровой фильтрации входных сигналов, на оценку напряжения обратной последовательности второй гармоники усовершенствованной схемы практически не влияют слагаемые частот в диапазоне от 45 до 55 Гц (рис. 2,б). Максимальный небаланс, вызванный составляющими основной гармоники, не превышает 0,05% от $U_{ном}$.

Комплексные испытания защиты с усовершенствованной схемой оценки напряжения обратной последовательности второй гармоники подтвердили значительное повышение ее чувствительности по сравнению с защитой, использующей классическую схему.

Заключение

Введение дополнительного цифрового фильтра в схему оценки напряжения обратной последовательности второй гармоники позволило существенно повысить чувствительность защиты ротора турбогенератора от замыканий на землю в двух точках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федосеев М.А. Технические требования и способ выполнения защиты мощных турбогенераторов от снижения

изоляции цепи возбуждения. – М.: ВЗПИ, 1988. – С. 87-93.

2. Walter Schossig. Rotor Earth Fault Protection. // PAC World. – 2010. – P. 70-76.

3. Вавин В.Н. Релейная защита блоков турбогенератор – трансформатор. – М.: Энергоиздат, 1982. – 256 с.

4. Патент СССР № 594823/24, 10.03.1958. Устройство для защиты от замыкания на землю. // Патент СССР № 120250. 1959. Бюл. № 11. / Хрюкин С.С.

5. Shi Shiwen. An analysis of rotor double point ground faults. // Electric Machines and Power Systems. – 1998. – 26:2. – P. 141-154.

6. Новожилов А.Н., Полищук В.И., Воликова М.П. Устройство защиты обмотки ротора синхронного генератора от витковых и двойных замыканий на землю. // Электричество. – 2012. – №6. – С. 54-58.

7. Антонов В.И., Наумов В.А., Иванов Н.Г., Солдатов А.В., Фомин А.И. Общие начала теории фильтров ортогональных составляющих. // Релейная защита и автоматизация. – 2016. – №01. – С. 14-23.

8. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – 2014.

9. Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 1. Защита генераторов, работающих на сборные шины. – М.: Энергия, 1961. – 69 с.

Авторы:

Антонов Владислав Иванович,
Окончил в 1978 г. факультет электрификации и автоматизации промышленности ЧГУ им. И.Н. Ульянова. В 1985 г. защитил в Ленинградском политехническом институте кандидатскую диссертацию «Разработка и исследование новых принципов построения измерительных органов направленных защит линий электропередачи». Доцент кафедры теоретических основ электротехники и релейной защиты и автоматики ЧГУ им. И.Н. Ульянова, главный специалист отдела РЗА станционного оборудования ООО НПП «ЭКРА»;

Наумов Владимир Александрович,
Окончил в 2001 г. электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова. В 2002 г. защитил магистерскую диссертацию. В 2005 г. защитил во ВНИИЭ кандидатскую диссертацию «Анализ и совершенствование продольных дифференциальных защит генераторов и блоков генератор-трансформатор». Доцент кафедры теоретических основ электротехники и релейной защиты и автоматики ЧГУ им. И.Н. Ульянова, заместитель генерального директора -

технический директор ООО НПП «ЭКРА»;
Иванов Николай Геннадьевич,
Окончил в 2013 г. электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова, получил степень магистра техники и технологии по направлению «Электроэнергетика и электротехника». Инженер 2 категории отдела РЗА станционного оборудования ООО НПП «ЭКРА», аспирант ЧГУ им. И.Н. Ульянова по профилю 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы»;

Солдатов Александр Вячеславович,
Окончил в 2006 г. электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова. Заместитель заведующего отделом РЗА станционного оборудования ООО НПП «ЭКРА»;

Николаева Олеся Петровна, Окончила в 2016г. факультет энергетики и электротехники ЧГУ им. И.Н. Ульянова, получила степень бакалавра по направлению «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем». Инженер отдела РЗА станционного оборудования ООО «НПП ЭКРА», магистрант ЧГУ им. И.Н. Ульянова по направлению «Автоматика энергосистем».

НОВАЯ БЛОКИРОВКА АЛАР В РЕЖИМЕ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Антонов В.И., Наумов В.А., Петров В.С., Солдатов А.В., Никитина А.Н.
Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА»

Введение

Измерительный орган выявления асинхронного режима воспринимает короткое замыкание на контролирующем участке так же, как появление на нем электрического центра качаний (ЭЦК) [0, 0]. Это может привести к ложному срабатыванию автоматики ликвидации асинхронного режима (АЛАР). Для исключения этого недостатка используются специальные блокировки.

Традиционно блокировки основаны на контроле модуля вектора приращения тока

прямой последовательности [0]. Для оценки вектора приращения обычно используют фильтр ортогональных составляющих. К сожалению, фильтр имеет значительную погрешность при уходе частоты входного сигнала от номинальной. В связи с этим блокировка обладает существенным небалансом в контролируемой величине даже при отсутствии асинхронного режима. Это снижает чувствительность блокировки.

В настоящем докладе рассматривается новый подход к реализации блокировки,