

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Материалы  
IX Всероссийской научно-технической  
конференции

---

---

*ИТЭЭ-2014*

---

---

ЧЕБОКСАРЫ

2014

#### Литература

1. Антонов В.И. Структурный анализ входных сигналов цифровых систем релейной защиты и противоаварийной автоматики // *Электротехника*. – 1995. – № 6.
2. Антонов В.И. Эффективные структурные модели входных сигналов цифровой релейной защиты и автоматики / В.И. Антонов, В.А. Наумов, А.И. Фомин // *Электричество*. – 2012. – № 11.
3. IEEE Std 519-1992. IEEE Recommended practices and requirements for harmonic control in electrical power systems.
4. Ленков Ю.А. Выбор коммутационных аппаратов и тоководущих частей распределительных устройств электрических станций и подстанций / Ю.А. Ленков, Г.Х. Хожин. – Павлодар: Изд-во ПГУ, 2002.
5. Лосев С.Б. Расчет электромагнитных переходных процессов для релейной защиты в линиях большой протяженности / С.Б. Лосев, А.Б. Чернин. – М.: Энергия, 1972.
6. Soon yeol Nam, Sang Hee Kang, Jong Keun Park. Patent US 6597160 B2. Method for measuring fundamental frequency component of fault current and voltage signal.

А.В. Солдатов, В.И. Антонов, В.А. Наумов, Н.Г. Иванов  
(Чебоксары, ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ)

#### ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАЩИТ ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С ШИРОКИМ ДИАПАЗОНОМ ИЗМЕНЕНИЯ ЧАСТОТЫ

В последние годы основные исследования, связанные с защитами от замыканий на землю в сетях генераторного напряжения, направлены на исключение зоны нечувствительности при замыканиях на землю в обмотке статора генератора вблизи нейтрали, а также на повышение чувствительности и селективности защит при перемежающихся дуговых замыканиях (ПДЗ) [1]. Предпринятые исследования и разработки привели к созданию

большого разнообразия защит от данного вида повреждений [2], однако практически все они не способны обеспечить необходимый уровень технического совершенства при работе в сетях с широким диапазоном изменения частоты.

В настоящем докладе рассматриваются условия работы и особенности реализации защит от замыканий на землю в электрических сетях с широким диапазоном изменения частоты.

Сети генераторного напряжения традиционно эксплуатируются в режиме с изолированной или компенсированной нейтралью. Токи нулевой последовательности промышленной частоты, возникающие при замыканиях одной фазы на землю в таких сетях, малы и неразличимы на фоне токов небаланса. Поэтому для обеспечения 100%-ной защиты обмотки статора генератора от замыканий на землю в качестве информационных слагаемых используют составляющие, частота которых отличается от промышленной. Как правило, ими являются высшие гармоники или субгармоника, специально инжектируемая в сеть. Уровень таких слагаемых слабо различим на фоне преобладающей составляющей основной гармоники промышленной частоты. Поэтому для выделения слабых слагаемых используют аналоговые фильтры с высокой добротностью.

Однако существуют сети, в которых частота основной гармоники меняется в широких пределах [3]. Примером таких сетей являются сети гидроаккумулирующих станций (ГАЭС). Их особенность заключается в том, что гидроагрегаты ГАЭС могут работать, в зависимости от суточных колебаний нагрузки, как в качестве генераторов, так и двигателей или синхронных компенсаторов. Изменение частоты в диапазоне от 2 до 60 Гц является для них нормальным режимом работы. Положение усугубляется и тем, что в этих сетях высшие гармоники имеют значительный уровень [4]. Связано это с работой тиристорного преобразователя частоты, посредством которого гидроагрегат подключается к электроэнергетической системе.

Известен еще один режим, сопровождающийся широким изменением частоты, – режим электрического торможения генератора. Возможность такого торможения обязательно предусматривается для гидрогенераторов мощностью более 50 МВт как обязательное техническое мероприятие [5], необходимое для

повышения динамической устойчивости электроэнергетической системы [6]. В этом режиме частота генератора может снизиться до 2 Гц.

Другим режимом, при котором частота сети может существенно отклоняться от номинальной, является работа станции или энергоблока на выделенный энергорайон из-за действия частотной делительной автоматики [7]. При этом возможно образование избытка генерирующей мощности и, как следствие, повышение частоты до 80 Гц. Из-за инерционности регуляторов частоты вращения генераторов это повышение может иметь длительный характер.

Во всех указанных режимах фильтровые защиты в принципе не способны обеспечивать требуемые характеристики, поскольку предназначены для функционирования в режимах с узким диапазоном изменения частоты составляющих входного сигнала. В связи с этим возникает задача разработки современных систем релейной защиты, способных выделять слабые слагаемые на фоне преобладающих составляющих токов и напряжений, частота которых меняется в широком диапазоне. Такие защиты не могут иметь во входных цепях частотнозависимые элементы (фильтры) и должны основываться на новых принципах измерения слабых слагаемых сигнала на фоне преобладающих составляющих шума (фоновый сигнал электрической сети).

В настоящее время ООО «НПП "ЭКРА"», Национальный исследовательский Томский политехнический университет и Чувашский государственный университет ведут совместную разработку подобных цифровых систем защит.

#### Литература

1. *Вайнштейн Р.А.* Защита от замыканий на землю обмоток статора генераторов, работающих на общие шины / Р.А. Вайнштейн, Е.А. Понамарев, А.В. Доронин, А.М. Наумов, В.А. Наумов // Энергетик. – 2009. – № 1. – С. 39–40.

2. *Вайнштейн Р.А.* Защита от замыканий на землю в обмотке статора генераторов при различных первичных схемах / Р.А. Вайнштейн, С.М. Юдин, А.В. Доронин, А.М. Наумов // Релейная защита и автоматизация. – 2012. – № 1 (6). – С. 26–31.

3. *Наумов В.А.* Особенности реализации защит генераторов-двигателей ГАЭС / В.А. Наумов, А.В. Солдатов, М.Д. Бондарев // Диспетчеризация в электроэнергетике: проблемы и перспективы: материалы 7-й открытой молодежной учеб.-практ. конф.: под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2013. – С. 36–41.

4. *Виницкий Ю.Д.* Тиристорные пусковые устройства в электроэнергетике / Ю.Д. Виницкий, Я.С. Гельфанд, А.П. Сытин. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 256 с.

5. СТО59012820.29.240.001-2010. Технические правила организации в ЕЭС России автоматического ограничения снижения частоты при аварийном дефиците активной мощности (Автоматическая частотная разгрузка). Стандарт организации ОАО «СО ЕЭС». – М., 2009. – 18 с.

6. *Гуревич Ю.Е.* Расчеты устойчивости и противоаварийной автоматики в энергосистемах / Ю.Е. Гуревич, Л.Е. Либова, А.А. Окин. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 390 с.

7. *Рабинович Р.С.* Автоматическая частотная разгрузка энергосистем / Р.С. Рабинович. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.

В.И. Антонов, В.А. Наумов, В.С. Петров  
(Чебоксары, ЧГУ, ООО НПП «ЭКРА»)

### ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ПРОЦЕССОВ РАСХОДА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕСУРСА ИЗОЛЯЦИИ В АВТОМАТИКЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Практически все известные устройства автоматического ограничения повышения напряжения (АОПН), используемые для предотвращения повреждения высоковольтного оборудования при перенапряжениях в электрических сетях, основаны на косвенном учете расхода ресурса изоляции [1, 2]. Связано это с тем, что оценка остаточного ресурса изоляции оборудования осуществляется путем контроля времени нахождения оборудования под перенапряжением. Такой принцип оценки остаточного ресурса ограничивает гибкость в выборе технических мероприя-