

ЭКРА



СОХРАНЯЯ ЭНЕРГИЮ



МОНИТОРИНГ ВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ ОБМОТКИ РОТОРА ТУРБОГЕНЕРАТОРА

Докладчик:

Митин Дмитрий Александрович

ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары



Введение

Опасность витковых и двойных замыканий обмотки ротора синхронного генератора:

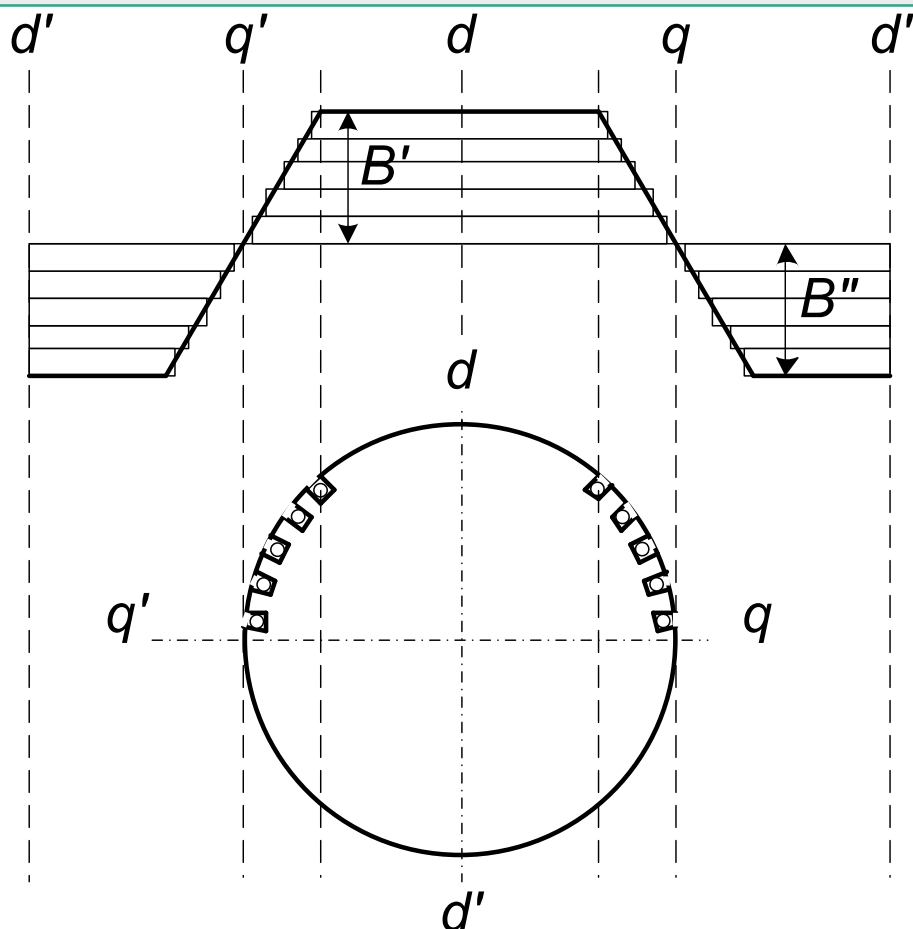
- Нарушение симметрии магнитного поля ротора —→ Опасная вибрация;
- Дуга в месте повреждения —→ Разрушение обмотки и стали ротора.

Согласно ПТЭ СО 153-34.20.501-2003:

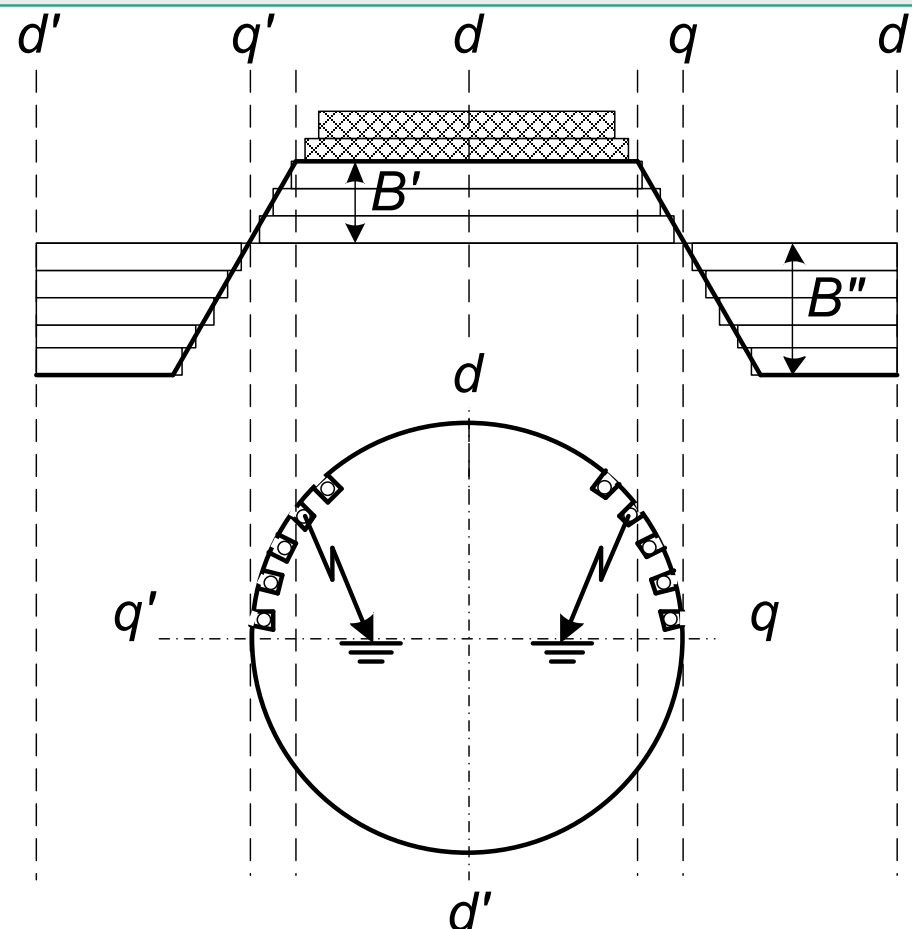
- Работа гидрогенераторов при витковых и двойных замыканиях обмотки ротора недопустима —→ Гидрогенератор выводится из работы при повреждении изоляции ротора в одной точке;
- Работа турбогенераторов при витковых и двойных замыканиях обмотки ротора допускается кратковременно —→ Вводится в работу защита турбогенератора от витковых и двойных замыканий на землю с действием на сигнал или отключение.



Магнитное поле ротора синхронного генератора



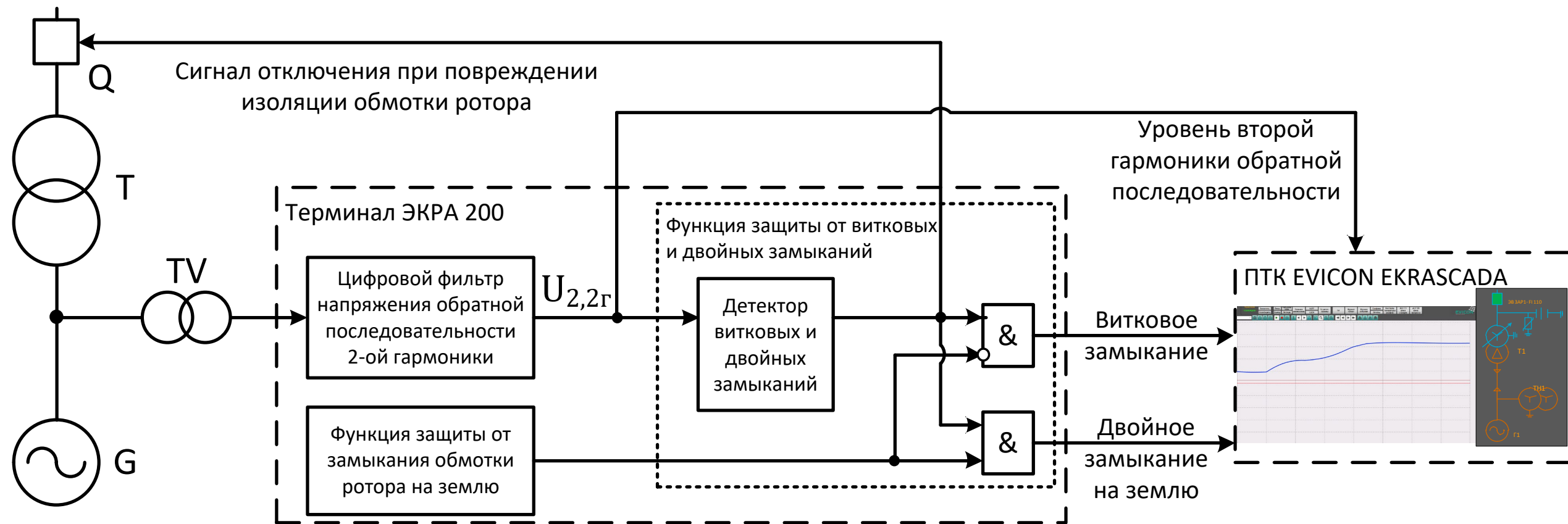
Повреждение отсутствует:
Магнитное поле ротора симметрично ($B' = B''$)
ЭДС генератора не содержит четных гармоник



Витковое или двойное замыкание на землю:
Магнитное поле ротора теряет симметрию ($B' \neq B''$)
В ЭДС генератора появляются четные гармоники



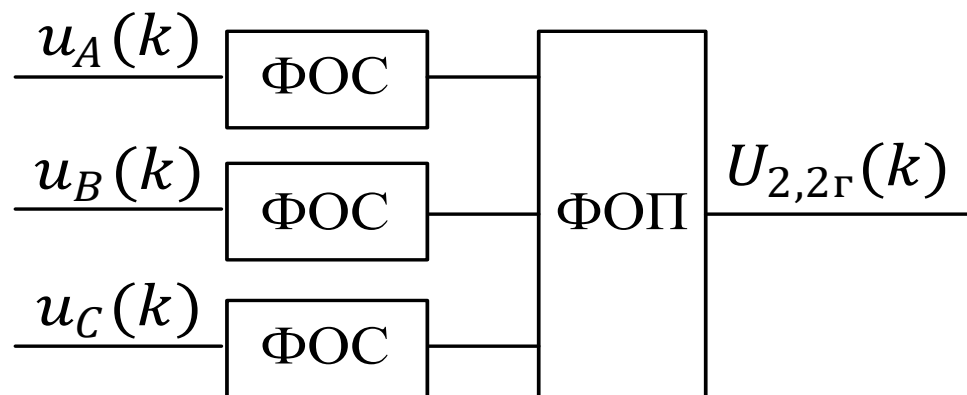
Система мониторинга витковых и двойных замыканий обмотки ротора генератора



- Функция мониторинга трендов — обнаружение развивающихся повреждений.
- Функция защиты — отключение при возникновении опасных повреждений.



Классическая схема оценки напряжения обратной последовательности



Классическая схема оценки напряжения обратной последовательности

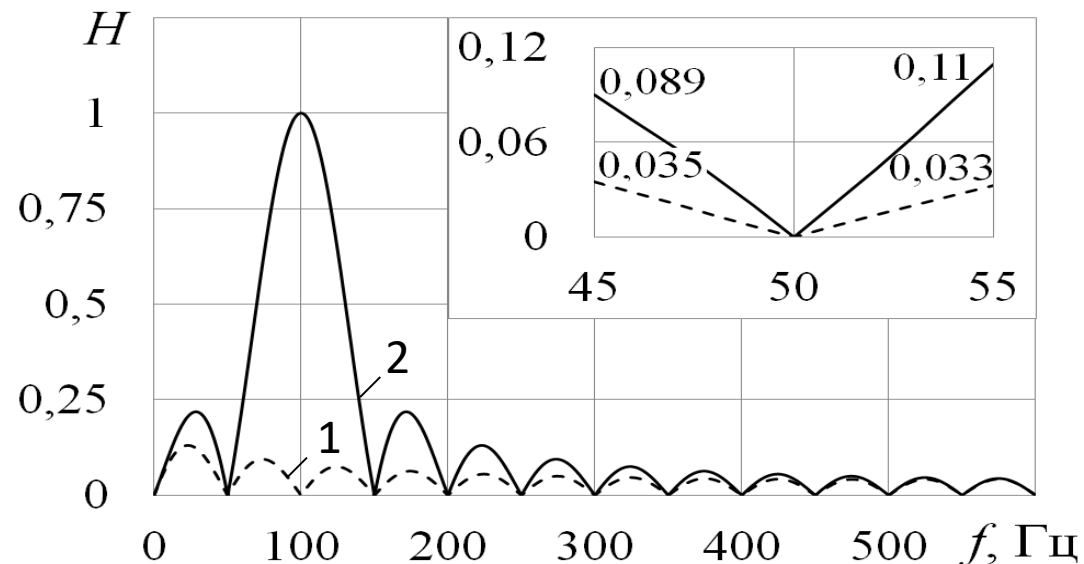
Небаланс на выходе схемы оценки напряжения обратной последовательности

$$U_{2,2Г}^{\text{нб}}(f) = U_1 H_1(f) + U_2 H_2(f).$$

В нормальном режиме работы генератора: $U_{1,\text{max}} = 1,1 U_{\text{ном}}$, $U_{2,\text{max}} = 0,06 U_{\text{ном}}$, тогда

$$U_{2,2Г}^{\text{нб,макс}}(f = 55) \approx 5\% U_{\text{ном}}.$$

Высокий уровень небаланса требует существенного загробления функции мониторинга и защиты.

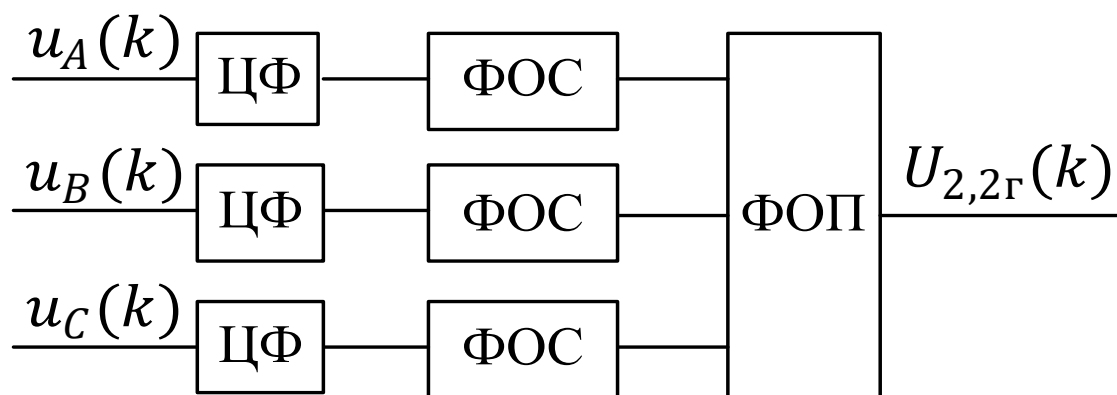


АЧХ классической схемы оценки :

1 – по прямой последовательности $H_1(f)$;

2 – по обратной последовательности $H_2(f)$

Усовершенствованная схема оценки напряжения обратной последовательности

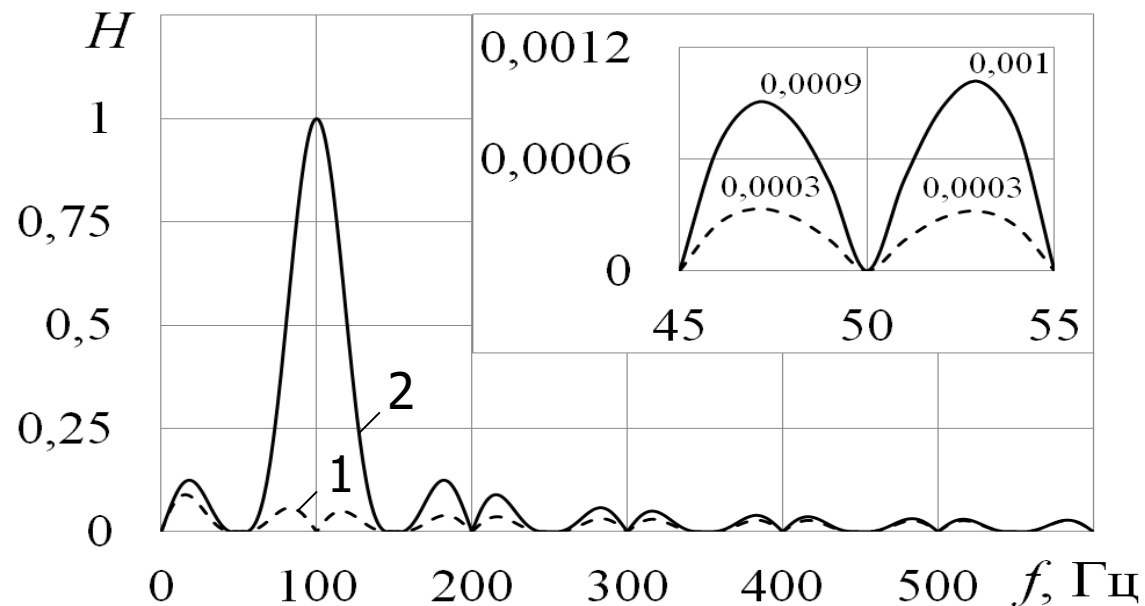


Усовершенствованная схема оценки напряжения обратной последовательности

Максимальное напряжение небаланса на выходе усовершенствованной схемы в диапазоне частот от 45 до 55 Гц

$$U_{2,2Г}^{\text{нб, макс}}(f = 52,9) \approx 0,05\% U_{\text{ном}}.$$

Разработанная схема позволяет существенно повысить чувствительность функции мониторинга.



АЧХ усовершенствованной схемы оценки :

1 – по прямой последовательности $H_1(f)$;

2 – по обратной последовательности $H_2(f)$

Опыт применения защиты ротора турбогенератора на электростанциях производства ООО НПП «ЭКРА»

С октября 2015 года по настоящее время система мониторинга витковых и двойных замыканий успешно функционирует на 7 электростанциях:

| Электростанция | Генератор | Устройство РЗА |
|---------------------|-----------|--------------------------|
| Академическая ТЭЦ | Г10 | ШЭ1110М-282G10-27E2 УХЛ4 |
| Астраханская ТЭЦ-2 | ГТ1 | ШЭ1111-359GT01-27E2 УХЛ4 |
| НЛМК, ТЭЦ | Г5 | ШЭ1113-356G05-27E2 УХЛ4 |
| Саровская ТЭЦ | Г8 | ШЭ1113-365G08-27E2 УХЛ4 |
| Сахалинская ГРЭС-2 | Г1 | ШЭ1110М-352G01-20E2 УХЛ4 |
| Северсталь, ТЭЦ-ПВС | Г3 | ШЭ1113-354G03-27E2 УХЛ4 |
| Челябинская ТЭЦ-2 | Г2 | ШЭ1113-172G02-27E2 УХЛ4 |



Заключение

Системы мониторинга и защит от витковых и двойных замыканий на землю в роторе генератора производства ООО НПП «ЭКРА»:

- позволяют избежать значительных повреждений обмотки и стали ротора;
- обладают высокой надежностью и чувствительностью благодаря применению улучшенных алгоритмов и методов цифровой обработки сигналов;
- успешно функционируют на электростанциях с 2015 года.

ЭКРА



СОХРАНЯЯ ЭНЕРГИЮ