

Лекция: Короткие замыкания

Короткое замыкание (КЗ) — электрическое соединение двух точек электрической цепи с различными значениями потенциала, не предусмотренное конструкцией устройства и нарушающее его нормальную работу. Короткое замыкание может возникать при нарушении изоляции токоведущих элементов или вследствие механического соприкосновения элементов, работающих без изоляции. Также коротким замыканием называют состояние, когда сопротивление нагрузки меньше внутреннего сопротивления источника питания.

Виды коротких замыканий

В трёхфазных электрических сетях различают следующие виды коротких замыканий:

- Однофазное (замыкание фазы на землю) — $K^{(1)}$;
- Двухфазное (замыкание двух фаз между собой) — $K^{(2)}$;
- Двухфазное на землю (2 фазы между собой и одновременно на землю) — $K^{(1,1)}$;
- Трёхфазное (3 фазы между собой) — $K^{(3)}$.

В электрических машинах возможны короткие замыкания:

- Межвитковые — замыкание между собой витков обмоток ротора или статора во вращающихся машинах, а также замыкание между собой витков обмоток трансформаторов;
- Замыкание обмотки на металлический корпус.

Методы защиты

Для защиты от короткого замыкания принимают специальные меры:

1. Ограничивающие ток короткого замыкания:
 - устанавливают токоограничивающие электрические реакторы;

- применяют распараллеливание электрических цепей то есть отключение секционных и шиносоединительных выключателей;
- используют понижающие трансформаторы с расщепленной обмоткой низкого напряжения;
- используют отключающее оборудование — быстродействующее коммутационные аппараты с функцией ограничения тока короткого замыкания то есть плавкие предохранители, автоматические выключатели.

2. Применяют устройства релейной защиты для отключения поврежденных участков цепи

Причины возникновения и последствия коротких замыканий

Короткое замыкание возникает при соединении двух проводов цепи, присоединенных к разным зажимам (например, в цепях постоянного тока это "+" и "-") источника через очень малое сопротивление, которое сравнимо с сопротивлением самих проводов.

Ток при коротком замыкании может превысить номинальный ток в цепи во много раз. В таких случаях цепь должна быть разорвана раньше, чем температура проводов достигнет опасных значений.

Для защиты проводов от перегрева и предупреждения воспламенения окружающих предметов в цепь включаются аппараты защиты, например, плавкие предохранители).

Причины возникновения коротких замыканий

Основной причиной возникновения коротких замыканий является нарушения изоляции электрооборудования.

Нарушения изоляции вызываются:

1. Перенапряжениями (особенно в сетях с изолированными нейтральными),
2. Прямыми ударами молнии,
3. Старением изоляции,
4. Механическими повреждениями изоляции, проездом под линиями негабаритных механизмов,
5. Неудовлетворительным уходом за оборудованием.

Часто причиной повреждений в электрической части электроустановок являются неквалифицированные действия обслуживающего персонала.

Преднамеренные короткие замыкания

При осуществлении упрощенных схем соединений понижающих подстанций используют специальные аппараты - короткозамыкатели, которые создают преднамеренные короткие замыкания с целью быстрых отключений возникших повреждений. Таким образом, наряду с короткими замыканиями случайного характера в системах электроснабжения имеют место также преднамеренные короткие замыкания, вызываемые действием короткозамыкателей.

Последствия коротких замыканий

При возникновении коротких замыканий в системе электроснабжения ее общее сопротивление уменьшается, что приводит к увеличению токов в ее ветвях по сравнению с токами нормального режима, а это вызывает снижение напряжения отдельных точек системы электроснабжения, которое особенно велико вблизи места короткого замыкания.

В зависимости от места возникновения и продолжительности повреждения его последствия могут иметь местный характер или отражаться на всей системе электроснабжения.

При большой удаленности короткого замыкания величина тока короткого замыкания может составлять лишь незначительную

часть номинального тока питающих генераторов и возникновение такого короткого замыкания воспринимается ими как небольшое увеличение нагрузки. Сильное снижение напряжения получается только вблизи места короткого замыкания, в то время как в других точках системы электроснабжения это снижение менее заметно. Следовательно, при рассматриваемых условиях опасные последствия короткого замыкания проявляются лишь в ближайших к месту аварии частях системы электроснабжения.

Ток короткого замыкания, являясь даже малым по сравнению с номинальным током генераторов, обычно во много раз превышает номинальный ток ветви, где произошло короткое замыкание. Поэтому и при кратковременном протекании тока короткого замыкания он может вызвать дополнительный нагрев токоведущих элементов и проводников выше допустимого.

Токи короткого замыкания вызывают между проводниками большие механические усилия, которые особенно велики в начале процесса короткого замыкания, когда ток достигает максимального значения. При недостаточной прочности проводников и их креплений могут иметь место разрушения механического характера.

Внезапное глубокое снижение напряжения при коротком замыкании отражается на работе потребителей. В первую очередь это касается двигателей, так как даже при кратковременном понижении напряжения на 30-40% они могут остановиться (происходит опрокидывание двигателей). Опрокидывание двигателей тяжело отражается на работе промышленного предприятия, так как для восстановления нормального производственного процесса требуется длительное время и неожиданная остановка двигателей может вызвать брак продукции предприятия.

При малой удаленности и достаточной длительности короткого замыкания возможно выпадение из синхронизма параллельно работающих станций, т.е. нарушение нормальной работы всей электрической системы, что является самым опасным последствием короткого замыкания.

Возникающие при замыканиях на землю неуравновешенные системы токов способны создать магнитные потоки, достаточные для наведения в соседних цепях (линиях связи, трубопроводах) значительных ЭДС, опасных для обслуживающего персонала и аппаратуры этих цепей.



Таким образом, **последствия коротких замыканий следующие:**

1. Механические и термические повреждения электрооборудования.
2. Возгорания в электроустановках.
3. Снижение уровня напряжения в сети, ведущее к уменьшению вращающего момента электродвигателей, их торможению, снижению производительности или даже к опрокидыванию их.
4. Выпадение из синхронизма отдельных генераторов, электростанций и частей электрической системы и возникновение аварий, включая системные аварии.
5. Электромагнитное влияние на линии связи, коммуникации и т.п.

Опыт короткого замыкания.

Напряжение короткого замыкания трансформатора

Опыт короткого замыкания производится на приемо-сдаточных испытаниях при выпуске с завода каждого трансформатора. Но не нужно думать, что у каждого трансформатора при этом на полном рабочем напряжении закорачивают вводы вторичной или первичной обмоток, т. е. создают те аварийные режимы. Испытания, при которых искусственно создаются аварийные режимы, производятся только на одном представителе целой серии аналогичных трансформаторов и входят в состав типовых

испытаний трансформатора. Задача этих испытаний — проверить электродинамическую стойкость типовой конструкции того или иного трансформатора. Задача опыта короткого замыкания при приемосдаточных испытаниях на заводе — оценить потери в обмотках и конструкции, а также потоки рассеяния в трансформаторе. Опыт короткого замыкания производится при пониженном первичном напряжении, величина которого определяется из следующих соображений. Допустим, что у трансформатора с коротко-замкнутой вторичной обмоткой и с токами I_1 и I_2 , в 10—20 раз большими токов i_1 и i_2 , снизили первичное, напряжение U_1 . Очевидно, и токи в обмотках тоже уменьшатся. Если напряжение U_1 уменьшить, например, в 3—5 раз, то во столько же раз уменьшатся и токи. Другими словами, можно установить напряжение такой величины, что токи станут равными своим значениям при нормальной работе трансформатора

Напряжение, которое надо приложить к одной из обмоток (при другой короткозамкнутой), чтобы в обмотках установились номинальные токи, называют *напряжением короткого замыкания* и обозначают u_k . Величиной u_k и оценивают потоки рассеяния, а также их влияние на работу трансформатора. Напряжение короткого замыкания обычно выражают в процентах от первичного напряжения

Чтобы показать непосредственную связь между u и рассеянием, представим, что в трансформаторе с определенным u_k (например, 5%) нам удалось каким-то образом «раздвинуть» обмотки. Тотчас же амперметр в цепи первичной обмотки I покажет снижение тока I_k , хотя напряжение, показанное вольтметром, останется неизменным (5% от U_1). Однако оно уже не будет равным u_k , так как токи в обмотках понизились и стали меньше своих номинальных значений. Чтобы восстановить их величину, надо повысить напряжение до величины u , большей u_k (например, до 8% от U_1). Значит при увеличении расстояния между обмотками u_k растет.

Увеличение канала между обмотками увеличивает поток рассеяния, замыкающийся по воздуху вокруг обмоток.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП

Сертификат 603332450510203670830559428146817986133868575803

Владелец Артемьев Михаил Владимирович

Действителен с 23.03.2021 по 23.03.2022