

2. Реклоузер P2 меняет последовательность своего действия. Его уставки выставляются в соответствии с режимом защиты от минимального напряжения.

3. Нормально отключенный реклоузер P3 включается в соответствии с режимом защиты от минимального напряжения.

4. Реклоузер P2 выключается только однажды и остается отключенным. Поврежденный участок изолирован между реклоузерами P1 и P2, за гораздо меньшее время, чем при централизованной АРС. Причем при выполнении перечисленных операций наличия каналов связи не требовалось. Каналы связи могут быть использованы для восстановления системы, для измерений или диагностики системы во время планового восстановления нормального режима работы.

Исследования показывают, что переход от централизованной автоматизации к децентрализованной, а также применение радиальных схем электроснабжения, построенных по магистральному принципу, является наиболее эффективным методом повышения надежности электроснабжения в распределительных сетях среднего напряжения. Данный подход может осуществиться только при использовании принципиально новых коммутационных устройств – реклоузеров.

УДК 621.3

## ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ УСИЛИЯ В ПОФАЗНО-ЭКРАНИРОВАННЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ ТОКОПРОВОДАХ

*Гулев А.Е., Байков А.В.*

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент БУЛАТ В.А.

При токах, превышающих 5 кА, в частности при 10–12 кА и более, когда через токопровод должны передаваться большие мощности – порядка 200–500 МВт, требование надежности к токопроводу еще более возрастает, но одновременно возрастают и трудности обеспечения этой надежности.

Пропорционально квадрату тока увеличиваются электродинамические усилия на шины и опорные изоляторы, а также тепловыделение. Кроме того, внешние переменные магнитные поля не только вызывают большие потери, но нагревают несущие конструкции и находящуюся вблизи арматуру железобетонных сооружений до совершенно недопустимых температур, а при коротких замыканиях эти явления возрастают до разрушительных размеров.

Этим действиям могут противостоять в определенной мере закрытые токопроводы, в которых шины каждой фазы заключаются в отдельный металлический кожух круглой или реже прямоугольной формы. Разумеется, что при обеспечении надлежащей изоляции междуфазные короткие замыкания в такой конструкции исключены.

Металлические кожухи токопроводов обладают экранирующим действием, возникающим благодаря вихревым токам, которые наводятся в кожухе переменным магнитным полем. Вихревые токи замыкаются в толще кожуха и циркулируют вдоль его поверхности. Поля вихревых токов ослабляют величину магнитного потока, проникающего внутрь экранированного токопровода, благодаря чему уменьшаются электродинамические усилия, действующие на шины токопроводов различных фаз. Кроме того, экранирование шин несколько снижает потери в стальных конструкциях и деталях, расположенных вблизи токопроводов, и, следовательно, уменьшает их нагрев.

Уменьшение электродинамических усилий на шины и опорные изоляторы благодаря экранирующему действию кожухов может достигать 7-кратной величины в срав-

нении с открыто проложенными шинами. Кроме того, снижение усилий на изоляторы благодаря упругости их крепления может быть достигнуто в 2,67 раза в случае несовпадения частот электродинамических усилий и собственной частоты токопровода.

В результате общая величина электродинамических усилий на шины и изоляторы может быть уменьшена примерно в 20 раз по сравнению с токопроводом без кожухов и жестким креплением изоляторов.

Уменьшение усилий, действующих на шины, сопровождается появлением значительных усилий на кожухи токопровода. Усилия на кожухи бывают примерно в 1,5–2,5 раза больше, чем у открыто проложенных токопроводов. Однако эти усилия легко выдерживаются кожухами благодаря их замкнутому периметру и надежному креплению к опорным несущим конструкциям. Это позволяет облегчить работу опорных изоляторов токопроводов.

Электродинамические силы на кожухи при КЗ, отнесенные к единице длины, равны произведению тока в кожухах и индукции магнитного поля от соседних проводников с учётом экранирующего действия соответствующих кожухов. Электродинамическая сила на кожухи определяется в основном апериодической составляющей тока КЗ. Она несколько меньше силы на проводники, что объясняется относительно быстрым затуханием апериодической составляющей тока КЗ. В целом электродинамическая стойкость пофазно-экранированных токопроводов очень высока; ток электродинамической стойкости  $i_{дин}$  достигает 560–750 кА, несмотря на большие расстояния между опорами.

Циркуляция вихревых токов в кожухе вызывает потери и дополнительный нагрев кожуха, которые становятся особенно заметными при токах шинопровода свыше 5 кА.

Основным преимуществом закрытых токопроводов является то, что они обеспечивают надежную передачу наибольших токов генераторного напряжения. Однако они имеют и недостатки: большая затрата металла (в 4–6 раз больше, чем для открытых токопроводов), высокая стоимость и громоздкость сооружения.

### Литература

1. Руцкий, А.И. Электрические станции и подстанции. – Мн., 1962.
2. Электрическая часть станций и подстанций: Учеб. для вузов / Под ред. А.А. Васильева. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.

УДК 621.316

## ПРОВОДА С ПОЛИМЕРНЫМ ПОКРЫТИЕМ ДЛЯ ВЛ 10–35 КВ

*Дылюк А.Н., Егоров П.А., Остроушко Е.В.*

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент РЖЕВСКАЯ С.П.

Анализ аварий на ВЛ 10–35 кВ показывает, что частыми причинами отключений являются схлестывания и обрывы проводов, набросы и касания веток деревьев.

Защищенные ВЛ 10–35 кВ имеют статистику более безопасной эксплуатации, чем ВЛ 10–35 кВ с голыми проводами.

Главная причина применения ВЛП – повышение надежности поставок электроэнергии, обусловленной отсутствием контакта деревьев с проводами и схлестывания проводов.

Поскольку ВЛП имеют существенные достоинства, то необходимо направить усилия на решение проблем, связанных с недостатками.