

деления электрической энергии, что дает существенную экономию приведенных затрат, потерь мощности и энергии по сравнению с другими решениями.

2. Экономическая передаваемая мощность может быть определена по формуле (3), а соответствующая минимальная стоимость передачи электроэнергии – по выражению (4).

3. Показана целесообразность применения для получения минимальной стоимости передачи электроэнергии метода [5] совместного выбора сечения и конструкции проводов и номинального напряжения линии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоиздат, 1982.
2. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / Под ред. С. С. Рокотяна, И. М. Шапиро. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
3. Поспелов Г. Е. Выбор сечений проводов электрических сетей по экономическому фактору // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2002. – № 2. – С. 3–9.
4. Поспелов Г. Е. Оптимизация и снижение потерь энергии в электрических сетях // Энергия и менеджмент. – 2002. – № 1 (5).
5. Поспелов Г. Е., Нгуен Бак Фук. Подход к предварительному выбору класса напряжения и сечения проводов при проектировании ЛЭП и исследовании развития электропередач // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 1997. – № 11–12. – С. 3–11.
6. Поспелов Г. Е. Элементы технико-экономических расчетов систем электропередач. – Мн.: Выш. шк., 1967.

Представлена кафедрой
электрических систем

Поступила 12.12.2002

УДК 621.3.066.6

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ

Докт. техн. наук, проф. **ГЕРАСИМОВИЧ А. Н.**, канд. техн. наук **ГЕРАСИМОВИЧ Д. А.**,
канд. техн. наук **МИШКИНА М. А.**, инженеры **ЕЖЕНКОВ Г. Г.**, **КЛИМОВИЧ Ю. А.**

*Белорусский национальный технический университет,
Пинские электрические сети,
РУП «Брестэнерго»*

Контактные соединения являются неотъемлемой частью токоведущих систем различных электроустановок и влияют на надежность работы последних в силу своей многочисленности. Как и токоведущие части, контакты подвергаются значительному термическому и динамическому воздействиям от токов переходных режимов, особенно токов коротких замыканий.

Оценку динамической и термической стойкости контактных узлов различных типов в переходных режимах в настоящее время производят по результатам натурных испытаний [1]. Связано это со сложностью аналитических исследований переходных электромагнитных процессов в контактных узлах и отсутствием математических моделей таких процессов. В эксплуатации условия работы контактов могут существенно отличаться от условий испытаний, особенно по характеру изменения во времени токов, протекающих в режиме короткого замыкания, что может приводить к необъективной оценке эксплуатационных показателей качества контактного соединения. Неучет этого фактора, как показали расчеты переходного электромагнитного поля однородного проводника и его нагрева в таких режимах, способен привести к существенным отличиям величин рассматриваемых характеристик [2].

Оценка поведения контактов в переходном режиме может быть выполнена на основе анализа закономерностей распределения в них переходного электромагнитного поля. Особенно важна такая оценка для вновь разрабатываемых соединений, так как при этом снижаются неоправданные материальные затраты на проведение эксперимента. В настоящей работе исследуются отдельные переходные характеристики электромагнитного поля плоских контактных соединений в режиме короткого замыкания для широко используемых в электроустановках узлов: плоские и рубящие контакты проводников с защитными покрытиями. В исследованиях приняты плоские контактные узлы длиной 40 мм из алюминиевых шин толщиной 10 мм с хромоникелевыми покрытиями толщиной 1,0 мм и переходным контактным слоем 0,002 мм. В расчетах они замещались шестислойной структурой со своими характеристиками слоев. Аналогичные размеры имели проводники и их покрытия в рубящих контактах. Последние в исследованиях представлялись десятислойной структурой.

В основу исследований положен разработанный авторами метод расчета переходных электромагнитных процессов в многослойных структурах плоских контактных соединений, приведенный в [3], и результаты данной статьи являются его продолжением. Метод позволяет определять вынужденные и свободные составляющие параметров электромагнитного поля в соединении при любом характере протекающего по нему тока. Ниже рассматривается случай, когда в контакте протекает ток короткого замыкания при условии возникновения ударного тока. Такой режим рекомендуется в качестве расчетного при исследовании динамической и термической стойкости проводников [4]. В соответствии с этим в расчетах принят закон изменения тока (в относительных единицах), протекающего по проводнику:

$$i_{\Sigma^*}(t) = (1 - e^{-t/T}) \cos \omega t.$$

Термическая стойкость контактных соединений в режимах коротких замыканий в значительной степени определяется выделяемыми в контакте джоулевыми потерями и их распределением по длине контактного узла, которые приведены на рис. 1. Кривые изменения потерь во времени представлены в относительных единицах по отношению к величине потерь в

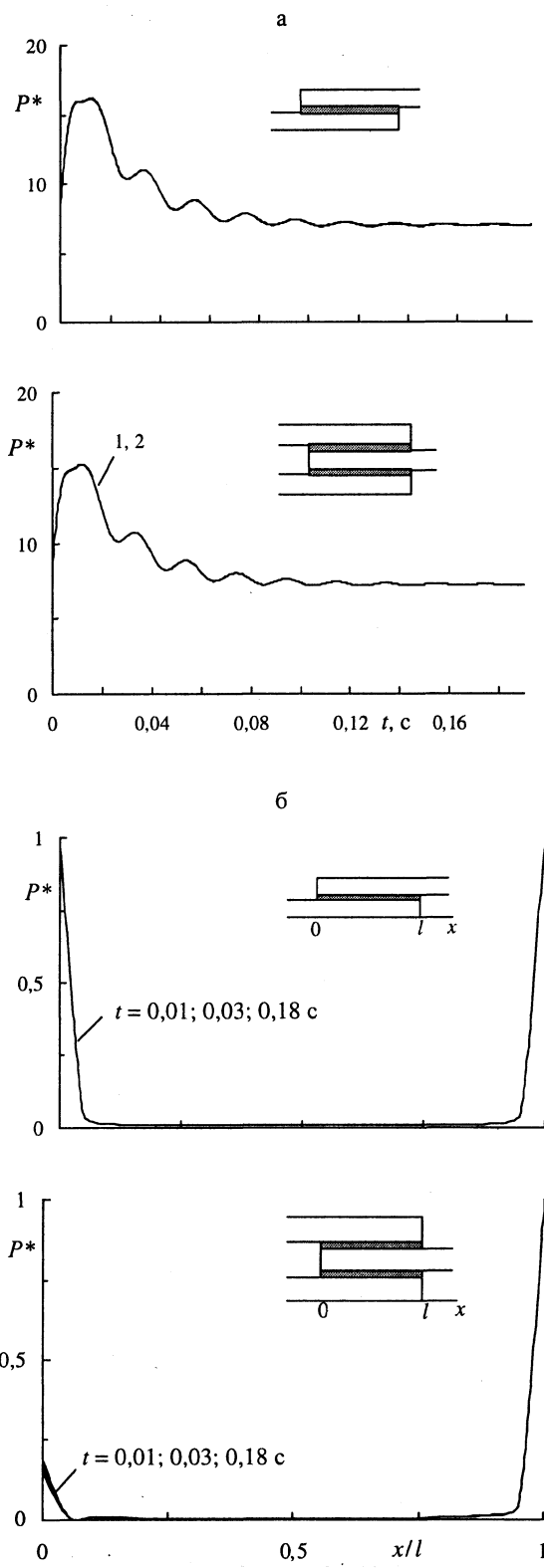


Рис. 1. а – изменение относительных величин потерь активной мощности в режиме короткого замыкания с учетом (кривая 1) и без учета (кривая 2) свободных составляющих электромагнитного поля; б – распределение по длине контактов в различные моменты времени

установившемся режиме однородного проводника с толщиной соответствующего контакта при равномерном распределении плотности тока. По характеру изменения этих кривых во времени можно судить, во сколько раз потери активной мощности в контактном узле больше потерь в соответствующем однородном проводнике и как они изменяются в переходном режиме при коротком замыкании.

Результаты исследований показали, что параметры поля свободного режима в начальный момент нарушения электромагнитного состояния для рекомендуемого расчетного случая незначительны. Они практически не оказывают влияния ни на величины плотности тока в сечении контактных узлов, ни на величину выделяемых в них джоулевых потерь в режиме короткого замыкания P^* , рассчитанных с учетом и без учета свободных составляющих (рис. 1).

Кривые рис. 1б показывают распределение потерь по длине контакта в относительных единицах по отношению к потерям на его краях для различных моментов времени. Из них следует, что во время переходного процесса распределение потерь вдоль соединения остается практически неизменным. Последнее обстоятельство позволяет упростить расчет нагрева контактов в переходных режимах. Используя результаты расчета распределения потерь по длине для одного из моментов времени (начальные моменты времени или в установившемся режиме), потери легко пересчитываются в последующем для других моментов времени по результатам расчета на краях контакта.

Разработанный в [3] метод позволяет исследовать распределения мгновенных значений плотности как полного тока, так и отдельных составляющих во всем объеме контактного узла для различных моментов времени, что дает возможность на стадии проектирования соединения определять наиболее напряженные области его работы в режимах коротких замыканий. Отмеченное иллюстрирует рис. 2, на котором изображены зоны распределения токов, протекающих вдоль (σ_x) и поперек (σ_z) проводников контакта, т. е. токов, перетекающих из одного проводника в другой, и полного тока для момента времени, соответствующего ударному току ($t = 0,01$ с). Подобные результаты могут быть получены и для соединений из других проводников.

Как следует из приведенных распределений плотности тока и джоулевых потерь, для рассматриваемых контактных узлов наиболее напряженными областями соединения (с наибольшими плотностями σ_z и величинами потерь) являются площадки соприкосновения поверхностей вблизи краев контакта. Аналогичные результаты относительно рабочих поверхностей перетекания токов получены ранее для нормальных режимов работы [5]. Таким образом, области перетекания токов в данном случае определяются конструкцией соединения и в незначительной степени зависят от характера протекающего по нему тока. В таких соединениях, в отличие от однородных проводников [6], слабо проявляется явление «обратного» скин-эффекта в переходном режиме.

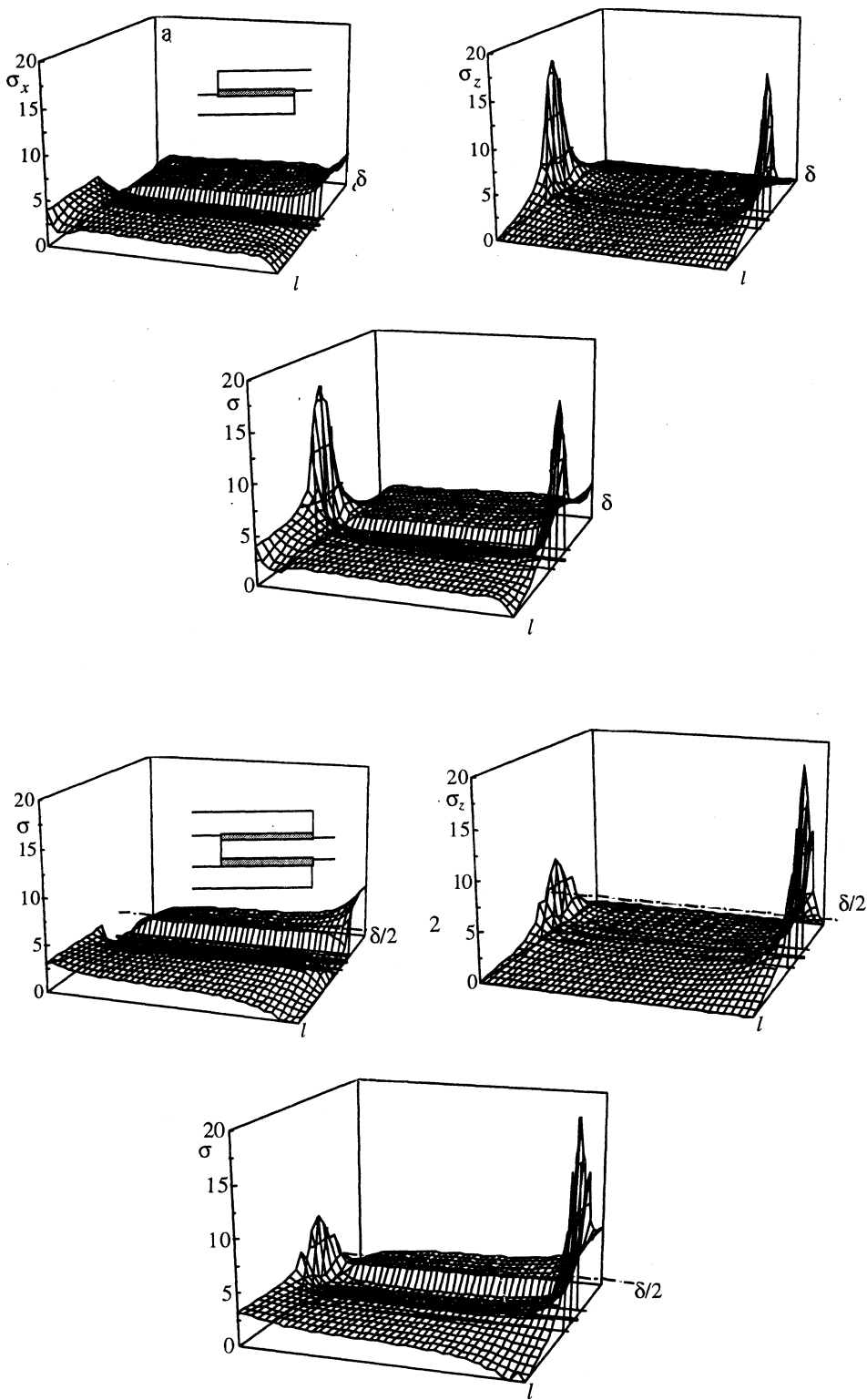


Рис. 2. Распределение величин горизонтальной (σ_x), вертикальной (σ_z) и полной (σ) плотностей тока в момент наступления ударного тока короткого замыкания

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что для плоских контактных соединений при расчете их переходных электромагнитных характеристик при коротких замыканиях можно ограничиваться учетом только величин параметров поля вынужденного режима.

2. В плоских контактах области перетекания тока из одного проводника в другой слабо зависят от характера и величины токов переходного режима и остаются практически неизменными на протяжении всего переходного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б р е д и х и н А. М., Х о м я к о в М. В. Электрические контактные соединения. – М.: Энергия, 1980. – 168 с.
2. Г е р а с и м о в и ч А. Н., Г е р а с и м о в и ч Д. А., Н о с а й р а т Ф а и з. Нагрев многополосных шинопроводов при коротких замыканиях // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2002. – № 1. – С. 9–19.
3. М е т о д расчета переходных электромагнитных процессов в многослойных структурах плоских контактных соединений / А. Н. Герасимович, Д. А. Герасимович, М. А. Мишкина и др. // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2002. – № 6. – С. 27–35.
4. П р а в и л а устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
5. Я к о в л е в Г. В. Электромагнитные характеристики плоских контактных соединений разъединителей на переменном токе: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 / БГПА. – Мн., 2001. – 21 с.
6. Г е р а с и м о в и ч Д. А., Н о с а й р а т Ф а и з. Электромагнитные характеристики шины прямоугольного профиля в переходных режимах // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2000. – № 2. – С. 15–24.

Представлена кафедрой
электрических станций

Поступила 12.12.2002

УДК 621.313.3

РАСЧЕТ МАГНИТНОЙ ЦЕПИ ОДНОФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С РАСЩЕПЛЕННЫМИ ПОЛЮСАМИ

Доктора техн. наук МАЛЯР В. С., ГЛУХИВСКИЙ Л. И.,
кандидаты техн. наук МАЛЯР А. В., ГРЕЧИН Д. П., инж. ГАВДЬО И. Р.

Национальный университет «Львовская политехника»

Однофазные асинхронные двигатели с расщепленными (экранированными) полюсами (ОАДРП) просты в изготовлении и надежны в эксплуатации, поэтому находят широкое применение в различных электроприводах малой мощности. Магнитная система таких двигателей выполняется, как правило, двух- и реже четырехполюсной. Статор выполняется с явно вы-