

рованными. Угол между векторами тока и напряжения нулевой последовательности в сети с компенсированной нейтралью определяется, в основном, режимом настройки компенсирующего устройства и значением переходного сопротивления в точке повреждения и может изменяться в пределах 180 эл.град. [3]. Указанное обстоятельство в общем случае исключает возможность применения названных направленных устройств защиты в сетях с компенсированной нейтралью.

Результаты выполненных в Национальной горной академии исследований амплитудных и фазовых характеристик тока и напряжения нулевой последовательности при сложных видах замыкания на землю (при двойных замыканиях на землю и при замыканиях со стороны электроприемника) [3] позволяют сделать вывод: в общем случае направленные устройства защиты оказываются неработоспособными при нетрадиционных замыканиях на землю как в сетях с изолированной так и с компенсированной нейтралью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. -М.: Энергия, 1974. -184 с.
2. Инструкция по безопасной эксплуатации электрооборудования и электросетей на карьерах. -М.: Недра, 1982. -80 с.
3. Пивняк Г.Г., Шкрабец Ф.П. Несимметричные повреждения в электрических сетях карьеров: Справочное пособие. -М.: Недра, 1993. - 192 с.
4. Попов Т.Н., Пачугин В.Ф., Соколова Г.В. Релейная защита, основанная на контроле переходных процессов. -М.: Энергоатомиздат, 1986. - 248 с.
5. Серов В.И., Щуцкий В.И., Ягудасв В.М. Методы и средства борьбы с замыканиями на землю в высоковольтных системах горных предприятий. -М.: Наука, 1985. -136 с.
6. Сирота И.М. Влияние режимов нейтрали в сетях 6-35 кВ на условия безопасности. //Режимы нейтрали в электрических системах. -К.: 1974. -С.84-104.
7. Сирота И.М. Напряжение нулевой последовательности частоты 100 Гц, возникающее при замыканиях на землю в компенсированных сетях. //Проблемы технической электродинамики. Вып. 43. -Наукова думка, -Киев. 1973. -С. 14-23.

УДК 622.794:622.349.4

Н.А. Головач

ЗАВИСИМОСТИ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И СИЛЫ ТРЕНИЯ ПРИ ТЕЧЕНИИ В КАНАЛЕ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

Розглядається залежність доторкових напружень потоку о тверді границі при русі рідини в каналі, який має прямокутний переріз, в залежності від режиму течії.

Величина уклона трения i_f связана с потерей напора ΔH_{mp} на длине канала ds формулой:

$$\Delta H_{mp} = i_f ds. \quad (1)$$

Одновременно с этим потеря напора на длине канала ds за счет распределенных сил трения в предположении, что местные сопротивления в канале отсутствуют, равна [1]:

$$\Delta H_{тр} = \frac{dT}{\rho g w}, \quad (2)$$

где dT - суммарная сила сопротивления трения для участка канала ds .

Для теоретической оценки силы трения предположим, что поперечное сечение канала имеет прямоугольную форму: основание шириной b и прямые бортовые стенки, а перфорации (отверстия для истечения жидкости) расположены только на днище канала.

Обозначим площадь одного отверстия S_0 , а относительную долю площадей всех отверстий в днище - через $\bar{S}_{отв}$. Эта величина может быть постоянной по всей длине канала, если днище равномерно перфорировано или представляет собой сетку с одинаковыми ячейками, или может быть функцией от s , если перфорации неоднородны по длине канала.

Пусть τ_0 - напряжение трения, которое в данном сечении s будем предполагать одинаковым как на днище, так и на боковых стенках. Тогда для участка канала длиной ds действующая сила трения будет равна:

$$dT = \tau_0 [2h + b(1 - \bar{S}_{отв})] ds. \quad (3)$$

Используя для напряжения трения τ_0 обычное представление:

$$\tau_0 = C'_f \frac{\rho V^2}{2}, \quad (4)$$

где C'_f - безразмерный локальный коэффициент трения, из (1)-(3) получим, что:

$$i_f = \frac{C'_f [2h + b(1 - \bar{S}_{отв})]}{2g w^3} Q^2. \quad (5)$$

Коэффициент трения C'_f является функцией от локального числа Re_x и зависит от режима движения. Будем определять коэффициент трения в слое так же, как и в случае обтекания пластинки безграничным потоком.

Ориентировочно оценим возможный режим движения в слое. Как известно [1], течение вдоль пластины является ламинарным при условии, что число Рейнольдса:

$$Re_x = \frac{Vx}{\nu} < Re_{кр},$$

где критическое число $Re_{кр}$ при обтекании пластинки потоком, безграничным в поперечном направлении, составляет:

$$Re_{кр} \cong 3 \cdot 10^5 \div 3 \cdot 10^6. \quad (6)$$

Для воды при температуре $t=20^\circ$, $\nu=10^{-6}$ м²/с, при скорости слоя $V\sim 1$ м/с длина канала, на которой может сохраняться ламинарный режим, составляет 0,3...3 м. При больших скоростях (до ~ 3 м/с) ламинарный участок может составить 0,1...1 м. Если при этом учесть, что критерий (6) получен для достаточно гладкой поверхности, то следует признать, что для реального канала течение на большей части будет турбулентным или находиться в промежуточном состоянии перехода от ламинарного к турбулентному.

К аналогичному выводу можно прийти, если в качестве характерного размера для определения числа Рейнольдса выбрать толщину слоя h , то есть $Re_h = \frac{Vh}{\nu}$. Тогда критическое число Re'_{kp} можно определить как для течения в трубах, то есть:

$$Re'_{kp} = \left(\frac{Vh}{\nu} \right)_{kp} = 2300. \quad (7)$$

Отсюда следует, что при $V\sim 1$ м/с ламинарное течение в слое будет только при толщинах $h < 3$ мм.

Таким образом, при толщинах слоя жидкости от $h=0,5$ см до нескольких сантиметров и более и при скоростях потока $V=1...3$ м/с течение в слое с большой вероятностью будет или полностью турбулентным, или находиться в промежуточной стадии перехода от ламинарного к турбулентному.

При турбулентном движении потока вдоль плоскости для местного коэффициента трения согласно [2] имеем:

$$C'_f = 0,0592 \left(\frac{Vx}{\nu} \right)^{-1/5}. \quad (8)$$

Причем, выражение (8) справедливо в диапазоне чисел Рейнольдса

$$Re_L = \frac{VL}{\nu}, \quad 3 \cdot 10^5 < Re_L < 10^7.$$

Выражение (8) получено в предположении, что пластинка имеет переднюю кромку и поток, набегающий на пластинку, перед кромкой имеет равномерный прямоугольный профиль, следствием чего напряжение трения в окрестности передней кромки $x=0$ обращается в бесконечность.

В тех технологических аппаратах, на конструкции которых мы ориентируемся, то есть для неподвижных грохотов, поток в канал обычно подается из некоторого направляющего устройства с уже сформировавшимся профилем скорости в пограничном слое, так что никакой особенности в значении τ_0 в месте ввода потока в канал нет. В связи с этим, вместо локального коэффици-

ента трения C_f (8), который изменяется по длине канала, целесообразно использовать его осредненное значение. C_f по всей длине канала L . Осредненное значение можно рассчитать по одной из известных формул:

$$C_f = 0,074(Re_L)^{-1/5}, \quad (9)$$

$$C_f = \frac{0,455}{(\lg Re_L)^{2,58}} = \frac{3,9132}{(\ln Re_L)^{2,58}}, \quad 5 \cdot 10^5 < Re_L < 10^7, \quad (10)$$

где L - длина канала; $Re_L = VL/\nu$.

Таким образом, полученные соотношения позволяют оценить гидродинамические параметры течения вдоль перфорированной поверхности, с целью определения нагрузочных характеристик технологических аппаратов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чугаев Р.Р. Гидравлика.-Ленинград: Энергоиздат, 1982.-672с.
2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя.-М.:Издра, 1974.-711с.

УДК 519.24.242

В.И. Воробьев, В.В. Смирнов

СХЕМА ИЕРАРХИИ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОРТОГОНАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

З позиції низхідного проектування складена схема ієрархії та описана модульна послідовність обробки результатів ортогонального планування експерименту для дослідження складних систем. Комплект програмного забезпечення, який розроблено, побудован як складова частина системи автоматизації наукових досліджень.

В тех случаях, когда информации о рассматриваемой системе недостаточно или система настолько сложна, что невозможно составить ее детерминированную модель, прибегают к экспериментально-статистическим методам. Среди них для решения многофакторных задач наиболее эффективен планированный эксперимент. Он позволяет минимизировать число опытов, одновременно варьировать все исследуемые факторы и получать количественные оценки со значительно меньшей ошибкой, чем та, которая характерна для традиционных методов регрессионного и корреляционного анализа. Различают ротатабельный и ортогональный планированные эксперименты [1]. Преимущество последнего состоит в том, что он требует меньшего количества опытов и объема вычислений. Представляет практический интерес разработка схемы иєрархії и програмного забезпечення для обробки результатів ортогонального планування експеримента.

Для решения поставленной задачи применен один из методов структурного программирования - нисходящее проектирование [2]. Оно основано на идее уровней абстракции, которые становятся уровнями соответствующих модулей