

за счет преобладающего влияния дискретного уменьшения постоянных затрат над непрерывным увеличением стоимости потерь происходит уменьшение целевой функции.

Наконец, на пятом этапе определяется общий экономический эффект от выполнения данного комплексного мероприятия по снижению потерь. Этот эффект находится как разность затрат на покрытие потерь в исходном режиме и после его оптимизации.

Специальные исследования показали, что при практическом применении описанной методики в тех случаях, когда нельзя пренебречь неоднородностью замкнутой сети, необходимо приравнять нулю $\text{Im}Q$ и выполнять алгебраическое сложение $\text{Re} X_a - \text{Im} X_p$, $\text{Im} X_a + \text{Re} X_p$ для получения X , а аналогично и Y и во всех случаях приравнять нулю $\text{Re}Q < 0$.

В ы в о д ы

Разработана методика совместной оптимизации выбора точек нормального разрыва и размещения шунтовых конденсаторных батарей в распределительных сетях с учетом влияния пищевой сети, основанная на информации о потоках энергии, являющейся наиболее достоверной.

Методика предназначена для реализации в виде алгоритма и программы для ЭВМ.

Методику можно использовать для оценки целесообразности частичного или полного перевода замкнутых сетей напряжением 110 кВ и выше в нормально разомкнутый режим работы.

Л и т е р а т у р а

1. Анисимов Л.П., Левин М.С., Пекелис В.Г. Методика расчета потерь энергии в действующих распределительных сетях. — "Электричество", 1975, № 4.

Л.В. Ничипорович, В.Н. Радкевич, И.В. Колосова

ПРОГРАММА КОМПЛЕКСНОГО РАСЧЕТА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 6--20 КВ НА ЭВМ

Расчеты распределительных электрических сетей могут быть эффективно выполнены только с помощью ЭВМ. С этой целью применительно к ЭВМ ЕС-1020 на языке ФОРТРАН-IV была

разработана программа, предназначенная для комплексного расчета электрических сетей напряжением 6, 10, 20 кВ.

При организации исходных данных в программе использован принцип деления сети на подсхемы по источникам питания (ИП). Подсхема представляет собой совокупность электрически связанных линиями электропередачи трансформаторных подстанций (ТП) и распределительных пунктов (РП), питающихся от одного ИП (секции). Отметим, что каждая подсхема может содержать в себе до 300 линий и 300 пунктов (ТП, РП) одного напряжения.

Исходные данные, характеризующие секции ИП и марки проводов, являются общими для всей распределительной сети. Поэтому они вводятся в оперативную память ЭВМ однократно и находятся там до окончания задания на работу программы. Расчет подсхем осуществляется в режиме пакетной обработки информации поочередно.

Разработанная программа позволяет рассчитывать для сети следующие параметры: нагрузки линий, коэффициент загрузки линий и ТП в относительных единицах, потери напряжения, напряжение на шинах 6--20 кВ ТП, потери мощности, энергии и токи короткого замыкания.

Кроме того, для всей подсхемы подсчитываются суммарные потери мощности в кВт и энергии мВт·ч, а также средневзвешенные коэффициенты загрузки линий и ТП.

Так как все исходные данные подсхемы привязаны к ее конфигурации, то обработка информации начинается с построения конфигурационной модели, позволяющей легко устанавливать связи между линиями и пунктами электрической сети. Конфигурационная модель строится путем формирования массива вторых адресных отображений (ВАО). Для каждой линии ВАО представляет собой порядковый номер (уровень) расположения в массиве предыдущей (питающей ее) линии.

Расчет токораспределения основан на принципе нахождения с помощью ВАО пути от каждого пункта схемы до ИП. Тогда ток линии I_i можно определить по следующему выражению:

$$I_i = \sum_{s=1}^m I_s, \quad (1)$$

где m -- количество ТП, питающихся по i -й линии; I_s -- нагрузка ТП в пункте s .

Для планирования и анализа предельно допустимых режимов работы сети определяются коэффициенты загрузки линий

$$k_i = \frac{I_i}{I_{ди}} , \quad (2)$$

где $I_{ди}$ — длительно допустимый ток нагрузки i -й линии.

После этого выполняется расчет средневзвешенного коэффициента загрузки линий подстанции по пропускной способности:

$$k_{л} = \frac{\sum_{i=1}^n k_i I_{ди}}{\sum_{i=1}^n I_{ди}} , \quad (3)$$

где n — количество линий в подстанции.

Величину $k_{л}$ можно использовать при анализе загрузки подстанций, планировании перераспределения нагрузок, сравнении подстанций по нагрузке и т.п.

В программе определяются также коэффициенты загрузки ТП

$$k_s = \frac{\sqrt{3} U_n I_s}{S_{ys}} , \quad (4)$$

где U_n — номинальное напряжение шин ТП; S_{ys} — суммарная установленная мощность трансформаторов ТП.

Средневзвешенный коэффициент загрузки ТП подстанции находится по следующему выражению:

$$k_{ТП} = \frac{\sum_{s=1}^M k_s S_{ys}}{\sum_{s=1}^M S_{ys}} , \quad (5)$$

где M — число ТП в подстанции.

Коэффициенты k_s и $k_{ТП}$ дают возможность выявлять степень загрузки ТП и резервы трансформаторной мощности в подстанции.

Для расчета уровней напряжения в сети первоначально определяются потери напряжения в отдельных линиях:

$$\Delta U_i = \sqrt{3} I_i Z_i, \quad (6)$$

где Z_i — полное сопротивление i -й линии.

Затем, используя ВАО, отыскивается путь от каждого пункта схемы до ИП и на этом пути суммируются ΔU_i . После чего напряжение в пункте s находится по выражению

$$U_s = U_{ИП} - \sum_{i=1}^k \Delta U_i, \quad (7)$$

где k — количество линий на пути от пункта s до ИП; $U_{ИП}$ — действительное напряжение секции 6—20 кВ ИП.

Важное место в программе занимает расчет потерь мощности ΔP_i и энергии $\Delta \Theta_i$ в линиях подсхемы. Для этого используются следующие известные соотношения:

$$\Delta P_i = 3 I_i^2 R_i, \quad (8)$$

$$\Delta \Theta_i = \Delta P_i \tau, \quad (9)$$

где R_i — активное сопротивление i -й линии; τ — время максимальных годовых потерь.

Общие потери мощности и энергии для всей подсхемы находятся путем суммирования потерь в отдельных линиях.

При расчете токов короткого замыкания также использовались ВАО для определения суммарного сопротивления от ИП до расчетной точки. В этом случае ток короткого замыкания определяется по выражению

$$I_{КЗ} = \frac{I_6}{Z_{\Sigma}}, \quad (10)$$

где Z_{Σ} — полное суммарное сопротивление до точки короткого замыкания, приведенное к базисным условиям; I_6 — базисный ток.

Программа обладает высоким быстродействием. Затраты времени ЭВМ практически определяются временем печати результатов расчета.

Разработанная программа может использоваться как изолированно, так и в составе математического обеспечения АСУ. Это позволяет широко применять ее при проектировании и эксплуатации распределительных электрических сетей.

Г.Е. Поспелов, В.Т. Федин, М.С. Чернецкий

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ОПОРНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ КРИОГЕННОГО КАБЕЛЯ ИЗ УСЛОВИЙ ПРОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ

В криогенных электрических кабелях фиксацию отдельных элементов (токопроводов, криогенных оболочек и др.) в заданном положении друг относительно друга осуществляют с помощью специальных опорных элементов. Эти элементы должны быть выполнены таким образом, чтобы обеспечивалась надежность работы кабеля из условий прочности и жесткости при минимальных затратах на кабель в целом.

В связи с этим важным обстоятельством является выбор оптимальных расстояний между опорами по длине линии. С одной стороны, большое количество опор удорожает конструкцию кабеля из-за повышенных теплопритоков, с другой — увеличение расстояний между опорами может привести к увеличению деформаций, превышающих допустимые величины. Поэтому основой расчета является выбор максимальных расстояний между опорными устройствами по длине криогенного кабеля из условий прочности и жесткости конструкции.

Будем полагать, что по конструктивным соображениям один конец оболочек кабеля при расположении опорных устройств на одной плоскости жестко закрепляется, а далее во избежание дополнительных напряжений, возникающих от изменения температуры, опорные устройства имеют некоторые свободные перемещения. Такая конструкция представляет собой неразрезной стержень с жестко закрепленным одним концом, уложенный на подвижные в определенной мере опорные устройства.

При этом конструкция криогенного кабеля представляет собой статически неопределенную систему, расчет которой можно производить при помощи метода сил (при расположении