

На рис. 1, а, б приведены зависимости погрешностей расчета Π_x и Π_b параметров схемы замещения x и b от длины криогенной линии при расчете их по коэффициентам k_{1x} , k_{2x} , k_{1b} , k_{2b} . Погрешности вычислялись по формулам (для k_x и k_b соответственно):

$$\Pi_x = \frac{k_{ix} - k_x}{k_x} 100 ; \quad \Pi_b = \frac{k_{ib} - k_b}{k_b} 100 ,$$

где $i = 1, 2$.

Резюме. Погрешности расчета параметров схем замещения криогенных линий по различным формулам не зависят от номинального напряжения, расчетной мощности и материала сверхпроводника. Определены области применения различных формул для расчета параметров схем замещения криогенных линий.

Л и т е р а т у р а

1. Электрические системы. Том II. Электрические сети. Под ред. В.А. Веникова. М., 1971.
2. Сверхпроводящие линии электропередачи. Под ред. В.А. Веникова. М., 1971.

УДК 621.316

В.Г. Прокопенко

УЧЕТ ПОТЕРЬ НА КОРОНУ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 110–750 кВ ПО НАПРЯЖЕНИЮ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Повышением технико-экономических показателей работы электрических сетей энергосистем является учет потерь на корону при планировании характерных режимов сетей 110–750 кВ по напряжению и реактивной мощности. Влияя на регулирующие устройства, располагаемые энергосистемой, можно не только скомпенсировать уравнительные мощности в контурах замкнутой схемы, но и выбрать уровни напряжения, устанавливающие оптимальное соотношение между нагрузочными потерями и потерями на корону при ожидаемых метеорологических условиях.

При составлении на ЭЦВМ программы оптимизации характерных режимов работы сети по напряжению и реактивной мощности, принципиальный алгоритм которой приведен в [1], разработан блок, который позволяет учитывать изменение

потерь на корону в зависимости от напряжения при планировании режимов. Анализ [2, 3] и других работ позволил сделать вывод, что в рабочем диапазоне изменения напряжений на линиях 330 – 750 кВ, характеристики изменения удельных потерь мощности на корону в зависимости от напряжения $\Delta P_k = f(U)$ допустимо аппроксимировать линейными уравнениями. Например, зависимости для ЛЭП 750 кВ с проводами 4 х АСО-600 [2] имеют вид

$$\Delta P_k = a_i + b_i (U - 750), \quad (1)$$

где U_k – рабочее напряжение на линии.

Значения коэффициентов a_i , b_i и погрешность аппроксимации приведены в табл. 1.

В расчетной схеме каждая линия или участок (линия может быть разделена на участки для одновременного учета разных метеословий), на которых учитывается зависимость $\Delta P_k = f(U)$, задается П-образной схемой замещения. Потери на корону представляются нагрузкой в узлах, которые ограничивают линию или участок, подсчитанной по выражению

$$P_n = 0,5 \Delta P_{кн} l. \quad (2)$$

Здесь $\Delta P_{кн}$ – удельные потери мощности на корону для некоторого состояния погоды при номинальном напряжении на участке линии l .

В процессе поиска оптимального решения на каждой итерации, уточняющей значения напряжений узлов, корректируются и значения нагрузок, соответствующих заданным метеословиям и длине линий по формуле

$$\Delta P_{ki} = \frac{a_i + b_i (U - U_n)}{a_i} P_n, \quad (3)$$

Таблица 1

Состояние погоды	a_i	b_i	Погрешность при напряжениях, %		
			$0,95 U_n$	$1,0 U_n$	$1,05 U_n$
Изморозь	450	3,5	0	4,6	4,7
Снег	170	1,75	5,3	6,2	5,8
Дождь	25,5	0,293	3,5	6,2	4,0
Хорошая погода	7,0	0,074	5,5	0	8,6

где a_i , b_i - численные коэффициенты, характеризующие крутизну зависимости $\Delta P_k = f(U)$ для i -го состояния погоды; U , U_n - действительное и номинальное напряжение узла.

По мере корректировки нагрузок, соответствующих потерям на корону, в рабочей ячейке накапливается их сумма, которая после очередной итерации снимается или запоминается в зависимости от того, закончился расчет режима или нет. После расчета режима к значению нагрузочных потерь добавляются потери на корону, и эта сумма вносится в целевую функцию, анализ которой в дальнейшем позволяет сделать вывод: удачен поиск или нет. В разработанном варианте программы одновременно могут учитываться восемь уравнений типа (1). Тип характеристики $\Delta P_k = f(U)$ для линий указывается с помощью специального индекса, записанного у нагрузки при задании исходных данных.

Расчеты, проведенные на ряде реальных примеров, показали, что учет потерь на корону в значительной степени влияет на результаты оптимизации. При плохих погодных условиях в сетях 750-330 кВ требуется поддерживать пониженное напряжение. Это вызывает небольшое увеличение нагрузочных потерь и значительное снижение потерь на корону. Нагрузочные потери возрастают в линиях 330-750 кВ, а напряжения и потери мощности в сетях 110-220 кВ изменяются мало из-за возможности изменения коэффициентов трансформации трансформаторов и автотрансформаторов связи. Эффект от снижения суммарных потерь мощности в некоторых режимах для исследованных схем составлял 10 МВт и более.

Резюме. Разработана методика учета потерь мощности на корону в оптимизационных расчетах на основе линеаризованных зависимостей $\Delta P_k = f(U)$, которая реализована в программе оптимизации режимов работы сетей 110 - 750 кВ по напряжению и реактивной мощности.

Учет потерь на корону в значительной степени влияет на результаты оптимизации. В энергосистемах с развитыми электрическими сетями сверхвысокого напряжения в режимах с неблагоприятными погодными условиями снижение потерь мощности может достигать нескольких десятков МВт.

Л и т е р а т у р а

1. Федин В.Т. Методика планирования рационального суточного режима напряжений и потоков реактивной мощности в

энергосистеме. - В сб.: Опыт планирования, анализа потерь энергии и разработки мероприятий по их снижению в энергосистеме. Минск, 1975. 2. Мельников Н.А., Рокотян С.С., Шеренцис А.Н. Проектирование электрической части воздушных линий электропередачи 330-500 кВ. М., 1974. 3. Мельников Н.А., Роддатис В.К., Шеренцис А.Н. Возможности снижения потерь энергии из-за короны на проводах линии 750 кВ путем регулирования напряжения. - В сб.: Дальние электропередачи 750 кВ. Ч. 1. М., 1974.

УДК 621.315

Е.Г. Поспелов

ОБ УЧЕТЕ КОРОНИРОВАНИЯ ПРОВОДОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Для оптимизации режимов линии электропередачи имеют значение сопротивление, проводимость, нагрузка, а также влияние напряжения на потери мощности в шунтирующих сетях. Поэтому важно правильно учесть коронирование проводов при определении параметров линии электропередачи. Имеющиеся методы определения потерь мощности на корону не могут быть использованы для этого учета, так как они базируются на расчете средних удельных потерь мощности на корону для следующих видов погоды: хорошая погода без осадков, сухой снег, изморозь, дождь и мокрый снег. Методы определяют годовые потери энергии на корону по формуле

$$\Delta \mathcal{E}_k = 1 \sum_{n=1}^4 \Delta P_{кп} t_n, \quad (1)$$

где $\Delta P_{кп}$ - средние удельные потери мощности на корону при определенной погоде продолжительностью t_n .

Среднегодовые потери мощности на корону при дожде и мокром снеге находятся по потерям энергии, подсчитанным по выражению

$$\Delta \mathcal{E}_d = \sum \Delta P_{ид} t_i, \quad (2)$$

где $\Delta P_{ид}$, t_i - потери мощности и число часов, соответствующие i -ой интенсивности дождя и мокрого снега. Тогда среднегодовые потери мощности на корону при дожде и мокром снеге находятся таким образом: