

нию приведенных затрат (рис. 1, а). Это объясняется тем, что при использовании мягких сверхпроводников рабочий ток линии существует только в поверхностном слое. В этих условиях по экономическим соображениям диаметры фазных коаксиальных токопроводов целесообразно принимать пропорциональными коэффициенту запаса по току. Поэтому увеличение этого коэффициента приводит к значительному увеличению диаметра фазы и, как следствие, к значительному увеличению стоимости всей линии.

В кабелях с жесткими сверхпроводниками в рабочем режиме сверхпроводник находится в смешанном состоянии. В этом случае, как показали наши исследования, увеличение запаса по току при оптимальных конструктивных параметрах линии целесообразно производить в основном за счет увеличения толщины сверхпроводящего слоя при незначительном увеличении диаметра фазы. Поэтому влияние коэффициента запаса по току на приведенные затраты менее значительно (рис.1,б). При изменении коэффициента K_I в пределах 1,2–3,0 значения приведенных затрат изменяются очень мало.

При увеличении коэффициента запаса по напряжению приведенные затраты в сверхпроводящую линию повышаются также за счет увеличения общего диаметра кабеля (рис. 2). Установлено, что тип сверхпроводника незначительно влияет на приведенные результаты исследований.

Произведенная количественная оценка влияния коэффициентов запаса по току и напряжению на приведенные затраты в сверхпроводящую линию позволяет учитывать экономические закономерности при обосновании нормируемых проектных показателей надежности сверхпроводящих линий.

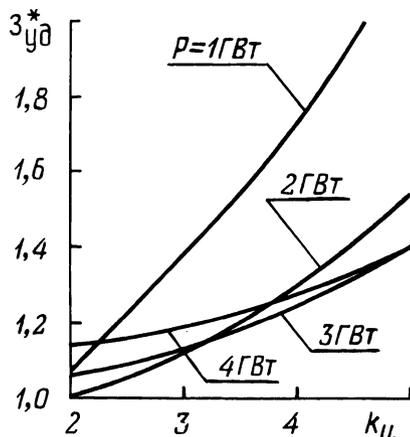


Рис. 2. Зависимость приведенных затрат от коэффициента запаса по напряжению K_u .

УДК 621.316:621.371.003.1

Л.И. ДЕМИДЕНКО, инженер (БПИ),
Л.П. НАЗАРЕНКО, канд.техн.наук (МРТИ),
В.В. ЯЦКЕВИЧ, канд.техн.наук (ВЗЭС)

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ АНТЕННОГО ОТБОРА МОЩНОСТИ

В устройствах трехфазного антенного отбора мощности [1] верхнее плечо делителя напряжения представляет собой распределенную емкость, образуемую между фазными проводами высоковольтной линии электропередачи и антеннами. Капиталовложения, связанные с устройством антенны, опре-

деляются затратами на провода и изоляторы и могут быть найдены из выражения

$$\kappa_D = (\xi_{\text{пр}} a_{\text{пр}} + 3 a_{\text{пл}} \xi_{\text{пл}} h_{\text{из}} n) i_a,$$

где $\xi_{\text{пр}}$, $\xi_{\text{пл}}$ — удельный вес проводов и стеклопластиковых изоляторов; $a_{\text{пр}}$, $a_{\text{пл}}$ — удельные затраты проводов и стеклопластиков; n — количество изоляторов; $h_{\text{из}}$ — длина изолирующего стержня.

Нижнее плечо делителя устройства ПДНА состоит из статических конденсаторов. Тогда стоимость капиталовложений в этот элемент устройства будет определяться из выражения

$$\kappa_{D2} = a_c \sqrt{\kappa_D - 1} \left(1 + \frac{2\sqrt{\kappa_D - 1}}{\kappa_D} \right) S_0.$$

Непосредственные капиталовложения для устройства ПДНА могут быть определены по формуле [3]

$$\kappa_H = \kappa_D + \kappa_{D2} + \kappa_K + \kappa_{\text{ТР}} - \nu \kappa' + \kappa_Q,$$

где $\kappa_{D1} + \kappa_{D2}$ — капиталовложения в делитель напряжения, κ_K — в комплектующее устройство, $\kappa_{\text{ТР}}$ — в понижающий трансформатор соответственно; κ' — капиталовложения в элементы схемы отбора, одновременно используемые для других нужд линии электропередачи; ν — коэффициент, учитывающий степень комбинированного использования оборудования; κ_Q — капиталовложения в реактивную мощность, генерируемую в линию устройством отбора мощности.

Большая часть капиталовложений (80–85 %) падает на делитель напряжения и компенсирующее устройство [2].

Для определения оптимальных областей применения устройств отбора мощности в качестве экономического критерия использованы удельные приведенные затраты, определяемые выражением

$$z = \frac{3}{S_0}.$$

Для определения расчетной стоимости можно воспользоваться удельными затратами

$$C_{\text{п}} = \frac{3}{\cos \varphi T_{\text{М}}} . \quad (1)$$

Выражение (4) можно привести к развернутому виду:

$$z = \frac{\rho (\delta S_0 + \kappa_{\text{ТР}} - \nu \kappa') + \beta \tau \Delta \rho}{S_0}, \quad (2)$$

где $\delta = \sqrt{\kappa_D - 1} a_{\text{LC}} \pm a_Q (\sqrt{\kappa_D - 1} + \sin \varphi)$.

Здесь a_{LC} — удельные затраты на реакторы и конденсаторы; a_Q — удельные

затраты на компенсацию потерь реактивной мощности; $p = p_a + p_H + p_{O.p}$.
 Здесь $p_a, p_{O.p}$ — доли отчисления на амортизацию, обслуживание и ремонт;
 p_H — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений.

Для устройств трехфазного антенного отбора мощности

$$\delta_{\text{ПДНА}} = (\xi_{\text{пр}} a_{\text{пр}} + 3 \xi_{\text{пл}} a_{\text{пл}} h_{\text{из}} n) (\sqrt{3} U_{\text{АХ}} U_{\text{Тр}} \sqrt{\kappa_{\text{д}} - 1} \times \\ \omega C_{\text{руд}})^{-1} + a_{\text{с}} \sqrt{\kappa_{\text{д}} - 1} \left(1 + \frac{2\sqrt{\kappa_{\text{д}} - 1}}{\kappa_{\text{д}}} \right),$$

где $U_{\text{АХ}}$ — наводимые напряжения на антенных проводах; $C_{\text{руд}}$ — удельная емкость антенных проводов.

Разделив почленно выражение (2) на S_0 , получим

$$z = r\delta + \frac{p(\kappa_{\text{тр}} + \nu\kappa')}{S_0} + \frac{\beta\tau\Delta p}{S_0}. \quad (3)$$

Из выражения (3) следует, что $r\delta$ не зависит от мощности и определяет —ся удельными стоимостями конденсаторов и реактора, коэффициентом деления $\kappa_{\text{д}}$ и коэффициентом мощности $\cos\varphi$. Второй член выражения (3) изменится обратно пропорционально мощности отбора S_0 .

В качестве критерия при экономическом сопоставлении различных способов отбора мощности принимались удельные приведенные затраты (1). Удельные затраты на трансформаторные подстанции находились по известным методикам [1, 4]. Непосредственные капиталовложения при трансформаторном способе отбора мощности определялись из выражения

$$\kappa_{\text{н}} = \kappa_{\text{тр1}} + \kappa_{\text{тр2}},$$

где $\kappa_{\text{тр1}}$ — капиталовложения в трансформаторы на номинальное напряжение линии; $\kappa_{\text{тр2}}$ — капиталовложения в понижающие трансформаторы.

Затраты на трансформаторные подстанции и номинальные напряжения 110–1150 кВ в диапазоне мощности отбора 25–2500 кВ·А определялись по формуле

$$z_{\text{ПТП}} = p \sum_{i=1}^2 \kappa_{\text{тр}i} + \beta\tau \sum_{i=1}^2 \Delta p_{\text{тр}i},$$

где $\Delta p_{\text{тр}i}$ — потери активной мощности в трансформаторах i -й ступени трансформации.

Для нахождения областей оптимального способа электроснабжения на основании приведенных расчетов были построены зависимости удельных затрат от напряжений высоковольтных линий электропередач и отбора мощности. На рис. 1 представлена зависимость удельных затрат ПДНА:

$$z = F(U_{\text{лЭП}}, S_0).$$

Пересечения полученных плоскостей удельных затрат подстанций с реактивными делителями напряжения (ПДН) и плоскостей удельных затрат тран-

сформаторных подстанций (ПТП) позволяют определить оптимальные экономические области применения различных видов отбора мощности.

На рис. 1 заштрихованная часть плоскости $S_0, U_{ЛЭП}$ является оптимальной областью применения ПДНА. Как видно из рис. 1, при отборе малых мощностей удельные приведенные затраты устройств ПДНА меньше трансформаторных подстанций ПТП. Тогда оптимальная область использования ПДНК определяется пределами (рис. 1): 560 кВ·А от ЛЭП – 220 кВ (S_{01}); 1200 кВ·А от ЛЭП – 300 кВ (S_{02}); 3000 кВ·А от ЛЭП – 500 кВ (S_{03}). На рис. 2 представлены критериальные значения мощности отбора для различных устройств с реактивными делителями напряжения.

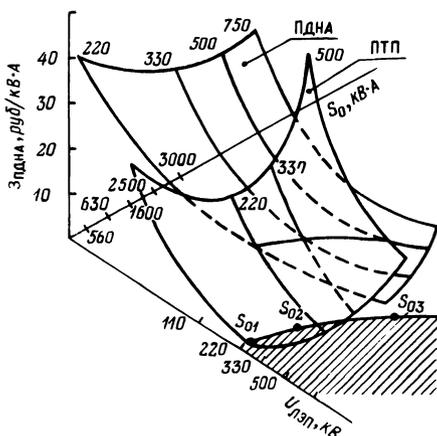


Рис. 1. Зависимость удельных затрат ПДНА: $z_{ПДНА} = F(U_{ЛЭП}, S_0)$.

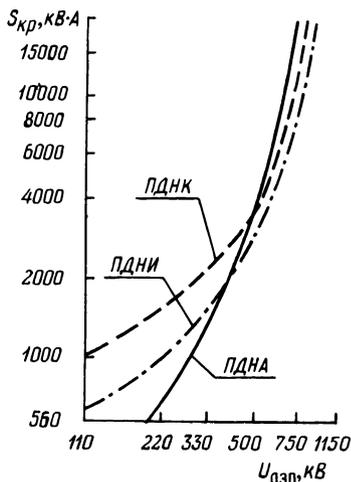


Рис. 2. Зависимости критериальных значений мощности отбора от номинального напряжения линии электропередачи.

В антенных устройствах стоимостные показатели верхних элементов делителей напряжения меньше, чем в конденсаторных устройствах. С ростом класса напряжения линии электропередачи капиталовложения на верхние элементы делителей ПДНА относительно устройств ПДНК, ПДНИ убывают, так как уменьшается протяженность самих антенн [1]. Поэтому зависимость критериальной мощности (рис. 2) у ПДНА с ростом класса напряжений линий электропередачи изменяется более интенсивно по сравнению с конденсаторными и индуктивными устройствами. Однако при отборе мощности от линий электропередачи напряжением 110–500 кВ преимущество по экономическим показателям имеют устройство ПДНК. Применение устройства ПДНА предпочтительнее при использовании сверхвысоковольтных линий электропередачи 750 кВ и выше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаренко Л.П., Федорова И.А. Исследование антенного отбора мощности от линий электропередач для электрификации сельских потребителей. — В сб.:

Механизация и электрификация сельского хозяйства. Минск: Ураджай, 1976, вып. 19, с. 103—110. 2. Назаренко Л.П. Отбор мощности от высоковольтных линий для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. — В сб.: Механизация и электрификация сельского хозяйства. Минск: Ураджай, 1974, вып. 16, с. 102—119. 3. Юренков В.Д. Применение НДМЕ для электрификации рассредоточенных потребителей небольшой мощности. — Труды ВНИИЭ, вып. 31, 1967, с. 67—71. 4. Федорова И.А., Назаренко Л.П. Оптимальные условия отбора мощности от высоковольтных линий электропередач. — В сб.: Опыт принятия оптимальных решений при проектировании и эксплуатации электрических сетей и систем. — Минск: Вышэйшая школа, 1976, с. 10—14.

УДК 621.311.017

Л.П. ПАДАЛКО, канд.техн.наук,
А.И. БАРАННИКОВ, инженер (БПИ)

ТЕКУЩЕЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Планирование развития электрической сети, как известно, осуществляется в два этапа. На первом разрабатывается схема сети на некоторый перспективный период, который в зависимости от назначения сети может составлять 5—10 и более лет. Вторым этапом является текущее планирование, при котором осуществляется разработка годовых планов развития. Необходимость такого планирования обусловлена изменением исходных условий, положенных в основу при разработке перспективного плана (изменение нагрузок, появление новых потребителей и т.д.). По существу, текущее планирование представляет собой корректировку решений, полученных при разработке перспективной схемы, вследствие уточнения исходной информации. Решения, принятые при текущем планировании, подлежат реализации, так как они относятся к той категории мероприятий, задержка в осуществлении которых может привести к весьма негативным последствиям.

Разработка текущего плана осуществляется в условиях неопределенности исходной информации как на планируемый год, так и на перспективу, которую необходимо учитывать при решении динамических задач. Задача состоит в получении наиболее обоснованного решения на плановый год с учетом возможных колебаний параметров исходной информации на перспективный период. Ее решение требует определения области устойчивых решений, принимаемых на текущий год.

В статье рассматриваются особенности планирования распределительной сети напряжением 35—110 кВ. При этом предполагается, что электросетевые объекты, намеченные к сооружению, делятся на две группы. К первой относятся те, которые предназначены для присоединения новых потребителей, ко второй — направленные на повышение экономичности работы сети (разгрузочные подстанции, резервные линии и т.д.) [1]. Могут быть объекты и смешанного назначения.

Существует два возможных подхода к выбору решений в условиях неполной информации. Первый основывается на использовании методов сто-