

**РАСЧЕТЫ ПРЕДЕЛЬНЫХ РЕЖИМОВ
ДАЛЬНИХ ЛЭП ПЕРЕМЕННОГО ТОКА
ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ЗАМЕЩЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ***

Р. И. БОРИСОВ, Ю. В. ХРУЩЕВ

(Представлена кафедрой электрических систем и сетей)

Вопросу о влиянии нагрузки на предел передаваемой мощности дальних ЛЭП переменного тока уделялось достаточно внимания. Так, проводились исследования о характере и величине такого влияния путем анализа свободного члена характеристического уравнения при разных значениях регулирующих эффектов комплексной нагрузки, включенной к шинам приемной системы [1]. В исследованиях подобного рода [2] содержатся результаты для нагрузки, включенной на передающем конце схемы.

По нашему мнению, отдельный и самостоятельный интерес представляет постановка вопроса о влиянии разных способов замещения комплексной нагрузки, включенной в промежуточных пунктах дальних ЛЭП, на предел передаваемой мощности по статической устойчивости, в силу сложившейся тенденции использования дальних ЛЭП переменного тока и как магистральных, и как линий межсистемных связей [3]. В соответствии с этим для намеченной схемы (рис. 1) нагрузка замещается в виде статических характеристик с разными значениями регулирующих эффектов (рис. 2).

$$\begin{aligned} 1) \frac{dP_H}{dU} &= 2; 0; -2; \text{ при этом } \frac{dQ_H}{dU} = 0, \\ 2) \frac{dQ_H}{dU} &= 2; 0; -2; \text{ при этом } \frac{dP_H}{dU} = 0. \end{aligned} \tag{1}$$

Расчеты проводились по методике, изложенной в [4], для определения действительного предела передаваемой мощности. Для линии без потерь длиной 1000 км, $U_H = 500$ кВ, с промежуточным присоединением в центре, устанавливается режим без перепада напряжений. Мощность присоединения равна натуральной мощности линии и сбалансирована при номинальном напряжении. Положительные или отрицательные значения регулирующих эффектов присоединения указывают на возрастание избытка или недостатка мощности соответственно при понижении напряжения. При нулевых значениях регулирующих эффектов промежуточное присоединение не оказывает влияния на пре-

* **Примечание.** В проведении расчетов принимал участие студент-дипломник ЭЭФ В. В. Купчиков.

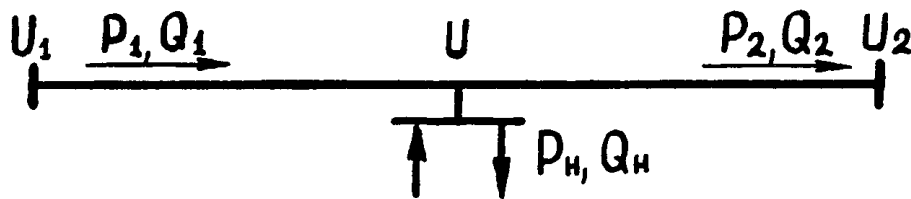


Рис. 1

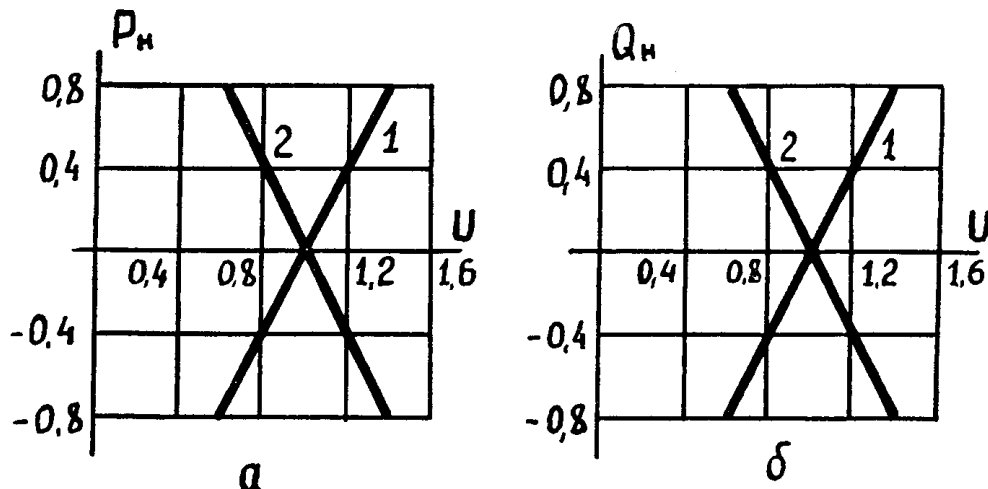


Рис. 2. Характеристики присоединения:

а—1. $P_{\text{н}}(U)$ при $\frac{\partial P_{\text{н}}}{\partial U} = 2$; 2. $P_{\text{н}}(U)$ при $\frac{\partial P_{\text{н}}}{\partial U} = -2$.

б—1. $Q_{\text{н}}(U)$ при $\frac{\partial Q_{\text{н}}}{\partial U} = 2$; 2. $Q_{\text{н}}(U)$ при $\frac{\partial Q_{\text{н}}}{\partial U} = -2$.

дел передаваемой мощности линии. Этому соответствует предел передаваемой мощности $P_{\text{м1}}=1,15$ при предельном значении угла $\delta_{12\text{пр}}=90^\circ$ (рис. 5, кривая 2).

Расчеты показывают, что положительный регулирующий эффект активной нагрузки присоединения изменяет предельные значения передаваемой мощности начала и конца линии.

$$P_{\text{м1}}=1,03 \text{ при } \delta_{12}=70^\circ \text{ и } P_{\text{м2}}=1,3 \text{ при } \delta_{12}=86^\circ.$$

Отрицательный регулирующий эффект активной нагрузки $\frac{dP_{\text{н}}}{dU}=-2$ изменяет предельные мощности начала и конца линии до величины

$$\begin{aligned} P_{\text{м1}} &= 1,32 \text{ при } \delta_{12}=91^\circ, \\ P_{\text{м2}} &= 1,01 \text{ при } \delta_{12}=75^\circ. \end{aligned}$$

Для определения предельного угла по статической устойчивости рассмотрим схему как двухмашинную систему.

Для принятых направлений мощности (рис. 1) можем записать:

$$M_1 \frac{d^2 \delta_1}{dt^2} = \Delta P_1; \quad M_2 \frac{d^2 \delta_2}{dt^2} = -\Delta P_2, \quad (2)$$

где δ_1 ; δ_2 — углы расхождения векторов начала и конца линии относительно напряжения присоединения;

M_1 , M_2 — моменты инерции машин электрических систем 1 и 2. Составив уравнения малых колебаний и проделав соответствующие преобразования, получаем

$$a_{12} = \frac{1}{M_1} \frac{dP_1}{d\delta_{12}} + \frac{1}{M_2} \frac{dP_2}{d\delta_{12}}, \quad (3)$$

где a_{12} есть удельное относительное ускорение роторов машин второй и первой электрических систем.

Проводим графическое определение предельного по статической устойчивости угла δ_{12} . Дифференцируя P_1 и P_2 по углу и умножая производные на $\frac{1}{M_1}$ и $\frac{1}{M_2}$ соответственно, строим зависимости 3, 4 (рис. 3, 4) и их суммы (зависимость 5, рис. 3, 4)*. Точки пересечения зависимости 5 с осью абсцисс определяют предельные углы и соответствующие им мощности.

$$\delta_{\text{пред } 1} = 80^\circ; \quad P_1 = 1,0; \quad P_2 = 1,29.$$

$$\delta_{\text{пред } 2} = 82^\circ; \quad P_1 = 1,3; \quad P_2 = 1,0.$$

Таким образом, изменение знака регулирующего эффекта активной нагрузки не увеличивает предельных значений передаваемой мощности, а лишь перераспределяет пределы по участкам линии.

Регулирующие эффекты реактивной нагрузки влияют на предельные значения мощности и угла однозначно (рис. 5), т. е. отрицательный регулирующий эффект уменьшает предел передаваемой мощности ($P_m = 1,03$; $\delta_{12 \text{ пр}} = 67^\circ$), положительный — увеличивает ($P_m = 1,3$; $\delta_{12 \text{ пр}} = 100^\circ$). Следовательно, предел передаваемой мощности увеличи-

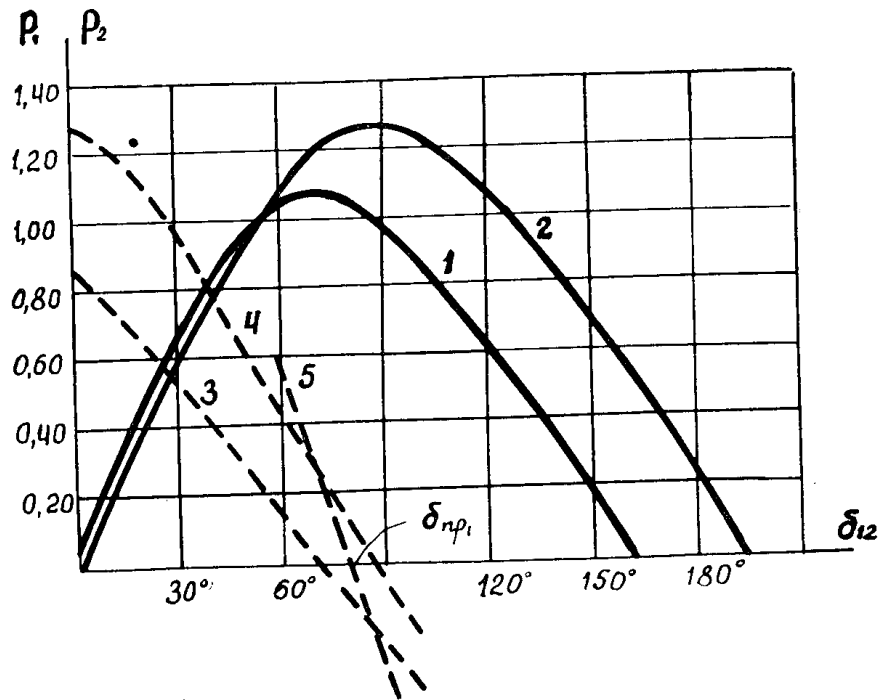


Рис. 3. Угловые характеристики мощности при

$$\frac{\partial Q_H}{\partial U} = 0, \quad \frac{\partial P_H}{\partial U} = 2;$$

$$1. P_1(\delta_{12}); 2. P_2(\delta_{12}); 3. \frac{1}{M_1} \frac{\partial P_1}{\partial \delta_{12}}; 4. \frac{1}{M_2} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_{12}}; 5. \frac{1}{M_1} \frac{\partial P_1}{\partial \delta_{12}} + \frac{1}{M_2} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_{12}}.$$

* На рис. 3, 4 кривые 3, 4, 5 построены при условии $M_{*1} = M_{*2} = 1$.

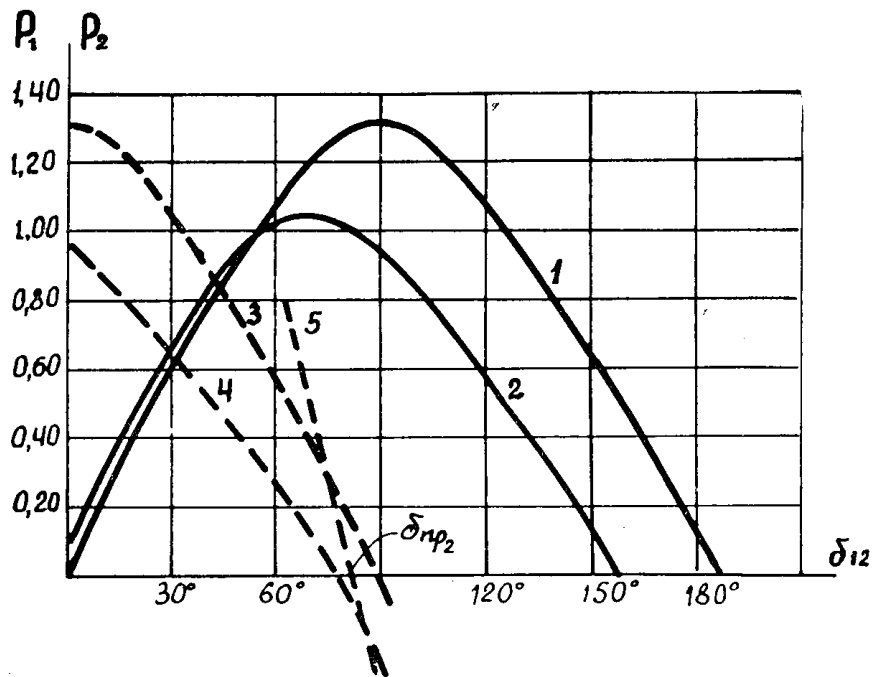


Рис. 4. Угловые характеристики мощности при

$$\frac{\partial Q_H}{\partial U} = 0, \quad \frac{\partial P_H}{\partial U} = -2;$$

$$1. P_1(\delta_{12}); \quad 2. P_2(\delta_{12}); \quad 3. \frac{1}{M_1} \frac{\partial P_1}{\partial \delta_{12}}; \quad 4. \frac{1}{M_2} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_{12}}$$

$$5. \frac{1}{M_1} \frac{\partial P_1}{\partial \delta_{12}} + \frac{1}{M_2} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_{12}}.$$

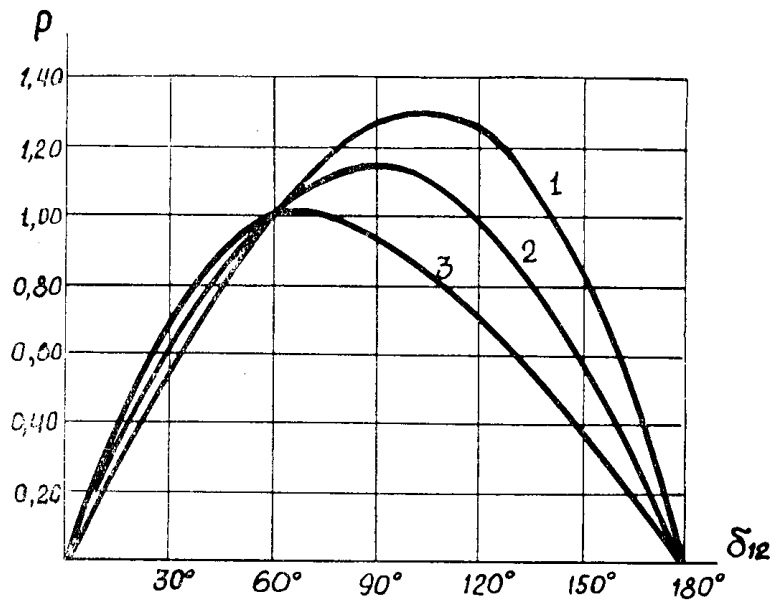


Рис. 5. Угловые характеристики мощности при

$$\frac{\partial P_H}{\partial U} = 0 \quad \text{и при}$$

$$1. \frac{\partial Q_H}{\partial U} = 2; \quad 2. \frac{\partial Q_H}{\partial U} = 0; \quad 3. \frac{\partial Q_H}{\partial U} = -2.$$

вается только в том случае, когда с понижением напряжения возрастает избыток реактивной мощности присоединения.

Влияние регулирующих эффектов по активной и по реактивной мощностям промежуточного присоединения в значительной степени сказывается на предел передаваемой мощности по линии.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Н. А. Качанова, Л. В. Цукерник.** Анализ статической устойчивости при учете характеристик комплексной нагрузки. Сб. трудов института электротехники, АН УССР, вып. 17, Киев, изд. АН УССР, 1959.
2. **Р. С. Зайнуллина.** Влияние нагрузки на статическую устойчивость системы. Труды Сибирского научно-исследовательского института энергетики, вып. 4, Изд. «Наука», Сибирское отделение, Новосибирск, 1966.
3. **Р. И. Борисов.** Влияние обобщенных статических характеристик промежуточных систем на предел передаваемой мощности по дальним ЛЭП переменного тока. (Настоящий сборник).
4. **П. С. Жданов.** Устойчивость электрических систем. Госэнергоиздательство, 1948.