

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ИЗОЛИРУЮЩИХ ТРАВЕРС

Применение изолирующих траверс на линиях электропередачи приводит к уменьшению индуктивного сопротивления и увеличению емкостной проводимости. В результате этого в электрической системе уменьшаются потери реактивной мощности и увеличивается зарядная мощность линии. Следовательно, в системе, содержащей линии электропередачи с изолирующими траверсами, для обеспечения баланса реактивной мощности потребуется меньшая генерируемая реактивная мощность. Поскольку реактивная мощность генераторов электрических станций определяется однозначно, то при применении на линии электропередачи траверс из изолирующих материалов появляется возможность снижения необходимой мощности компенсирующих устройств.

Для оценки указанного эффекта нами были проведены исследования по определению необходимой оптимальной мощности компенсирующих устройств при двух вариантах выполнения основных сетей одной из реальных энергосистем: а) при фактически существующих сетях; б) при предположении, что воздушные линии 100–500 кВ выполнены с изолирующими траверсами.

Расчеты оптимальной мощности компенсирующих устройств выполнены на ЭЦВМ по методике и программе, разработанной в [1].

Известно, что индуктивное сопротивление зависит от среднегеометрического расстояния между фазами линии (D), эквивалентного радиуса расщепления ($r_{\text{э}}$) и количества проводов в фазе (n) и может быть представлено в виде

$$x_{\text{о}} = f \left(\lg \frac{D_{\text{ср}}}{r_{\text{э}}}; \frac{1}{n} \right), \quad (1)$$

а реактивная проводимость

$$b_{\text{о}} = F \left(\frac{1}{D_{\text{ср}}}; \lg \frac{D_{\text{ср}}}{r_{\text{э}}} \right). \quad (2)$$

Таблица 1. Результаты расчетов индуктивных сопротивлений и реактивных проводимостей для ВЛ 110–500 кВ

Линии с традиционными траверсами			Линии с изолирующими траверсами			Δx_o , %	Δb_o , %
$D_{\text{ср}},$ M	x_o , Om/km	b_o , Om^{-1}	$D_{\text{ср}},$ M	x_o^* , Om/km	b_o^* , Om^{-1}		
U = 110 кВ			n = 1				
4,5	0,43	131	3,0	0,40	139,3	5,7	6,3
5,1	0,44	127	3,0	0,42	133,4	4,9	5,0
4,5	0,40	141,6	3,0	0,37	151,6	6,2	7,1
4,5	0,39	144,6	3,0	0,36	155,6	6,3	7,6
4,5	0,39	289,2	3,0	0,36	312,2	6,3	7,9
4,5	0,39	433,8	3,0	0,36	466,9	6,3	7,6
4,5	0,39	723,0	3,0	0,36	778,0	6,3	7,6
U = 220 кВ			n = 1				
6,8	0,41	275,3	2,0	0,33	341,1	48,6	23,9
6,8	0,41	550,6	2,0	0,33	682,0	18,6	23,9
7,3	0,41	544,4	2,2	0,34	669,8	17,9	23,0
8,3	0,42	533,8	3,3	0,36	621,4	13,6	16,4
6,8	0,40	563,0	2,0	0,32	701,4	19,0	24,6
7,3	0,41	822,9	2,2	0,34	1014,0	18,0	23,2
6,8	0,40	985,2	2,0	0,32	4227,3	19,0	24,6
U = 500 кВ			n = 3				
13,7	0,29	2248,4	4,0	0,22	3056,0	26,2	35,9
13,7	0,29	2285,0	4,0	0,21	3123,0	26,3	36,6
15,1	0,30	2936,0	5,0	0,23	3825,0	23,0	30,3
15,1	0,29	3729,0	5,0	0,23	4881,0	23,1	30,9

При применении изолирующих траверс на воздушных линиях электропередачи эти параметры изменяются, в результате чего индуктивное сопротивление электропередачи уменьшается, а реактивная проводимость увеличивается. В табл. 1 приведены результаты исследований индуктивных сопротивлений и реактивных проводимостей для реальных воздушных линий 110–500 кВ с традиционными и изолирующими траверсами и определены относительные изменения этих параметров.

Из табл. 1 следует, что индуктивное сопротивление воздушных линий при применении на них изолирующих траверс уменьшается примерно на 5–26% в зависимости от класса напряжения и расположения проводов. Величина реактивной проводимости для воздушных линий электропередач напряжением 110–500 кВ увеличивается на 5–36%. При этом x_0 и b_0 в большей мере зависит от изменения расстояний между фазами и расположения проводов линий, что можно осуществить при применении на последних изолирующих стеклопластиковых траверс.

С другой стороны, изменение электрических характеристик, связанных с применением изолирующих траверс на линиях электропередачи, вызывает изменение оптимальной мощности компенсирующих устройств. Выполнены исследования по определению оптимальной мощности компенсирующих устройств для двух вариантов, когда воздушные линии энергосистемы будут с изолирующими и традиционными траверсами. На основании анализа этих вариантов установлено, что величины потерь реактивной и активной мощности в энергосистеме уменьшились соответственно на 23,6% и 10,3%.

Экономический эффект от уменьшения потерь активной мощности в год определяется следующим образом:

$$\delta Z_p = \delta P \cdot \beta \cdot \tau, \quad (3)$$

где δP – величина уменьшения потерь активной мощности в максимальном режиме при применении на воздушных линиях изолирующих траверс; β – стоимость 1 кВт·ч потерь энергии; τ – время потерь.

В том случае, когда энергосистема работает с дефицитом реактивной мощности, экономия от уменьшения мощности компенсирующих устройств в год по приведенным затратам определяется из выражения

$$\delta Z_k = \delta Q_k \left((p_n + p) \cdot k + \Delta p_y \cdot \beta \cdot T_{MK} \right), \quad (4)$$

где p_n , p – соответственно нормативный коэффициент эффективности и коэффициент, учитывающий амортизацию, стоимость обслуживания и текущего ремонта в долях от капиталовложений; δQ_k – снижение потерь реактивной мощности при применении изолирующих траверс; k – стоимость 1 МВар компенсирующих устройств; Δp_y – удельные потери активной мощности в компенсирующих устройствах; T_{MK} – время использования максимальной мощности компенсирующих устройств.

Таблица 2. Потери активной и реактивной мощностей в энергосистеме при строительстве воздушных линий с традиционными и изолирующими траверсами

Потери активной мощности, МВт			Потери реактивной мощности, МВар		
Δp	Δp^*	δp	ΔQ_K	ΔQ_K^*	δQ_K
177	159	18	935	712	222

В табл. 2 приведены результаты исследований потерь мощностей в электрических сетях 110–500 кВ конкретной энергосистемы с традиционными траверсами $-\Delta P$ и ΔQ_K и для случая, если эти же линии выполнены с изолирующими траверсами $-\Delta P^*$ и ΔQ_K^* .

Расчеты проведены при следующих исходных данных: $\beta = 0,015$ руб/кВт.ч; $\tau = 4000$ ч; $k = 4,5$ тыс.руб/МВар; $\Delta p_y = 0,003$ МВт/МВар; $T_{MK} = 6000$ ч; $y_n = 0,12$.

Подставляя данные табл. 2 в выражение (3) получим, что применение изолирующих стеклопластиковых траверс в энергосистеме позволяет в год получить экономию в сумме 1,095 тыс.руб. за счет уменьшения потерь активной мощности.

Используя зависимость (4) и результаты расчетов той же таблицы, получим, что годовая экономия за счет уменьшения мощности компенсирующих устройств составила 270 тыс.руб.

В заключение следует отметить, что применение изолирующих траверс на воздушных линиях наряду с улучшением габаритов, технико-экономических показателей линий электропередач позволяет уменьшить потери активной и реактивной мощности, что ведет к существенной экономии народнохозяйственных средств.

Л и т е р а т у р а

1. Федин В.Т., Прокопенко В.Г. Алгоритмы и программа на ЭЦВМ определения оптимальной компенсации реактивных узлов электрической сети. – Изв. вузов СССР. Сер. Энергетика. 1978, № 10.