

УДК 621.313.8:621.3.076.7

Д.М. Тарасов (асп., каф Э и ЭМ СПбГГИ (ТУ))  
Б.Н. Абрамович, д.т.н., проф каф Э и ЭМ СПбГГИ (ТУ)

## УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ НАПРЯЖЕНИЙ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Режимы напряжения в распределительных сетях и узлах нагрузки горных предприятий характеризуются совокупностью отклонений напряжений в узловых точках системы электроснабжения и у отдельных электроприемников.

Напряжения у отдельных электроприемников должны быть такими, чтобы обеспечивалась их надежная, экономичная и устойчивая работа во всем возможном диапазоне изменения технологических и электрических параметров.

Управление напряжением в электросетях горных предприятий может осуществляться в центре питания путем группового регулирования напряжения на шинах главной понизительной подстанции (ГПП), управления потоками реактивной мощности и, в отдельных случаях, изменения сопротивления системы.

Однако такой метод не позволяет обеспечить рациональный режим напряжения на всей совокупности электроприемников, подключенных к протяженным радиально-магистральным линиям. Поэтому представляется особенно важным разработка системы и средств управления режимом напряжения на шинах ГПП посредством автоматического изменения коэффициента трансформации силового трансформатора при отклонении напряжения от рационального уровня и регулирования напряжения у удаленных электроприемников с использованием технически и экономически обоснованных средств.

Эксплуатационные службы горных предприятий с целью обеспечения устойчивой работы наиболее удаленных электроустановок, даже в часы максимума нагрузки, завышают напряжение на шинах ГПП до уровня  $1,0 \div 1,05 U_n$ , при котором гарантируется их устойчивая работа во всех аномальных режимах. Поэтому в часы минимума нагрузки напряжение на электроустановках в начале питающих линий может составлять до  $1,15 U_n$ . В этих условиях обеспечить надежную и экономичную работу электроустановок горных предприятий представляется затруднительным.

Для организации рационального режима электроснабжения актуальным является определение соответствующих уровней напряжения в начале и конце питающих линий.

$$U_{i-1} = \sqrt{\left( U_i + \frac{P_{li} \cdot R_{li} + Q_{li} \cdot X_{li}}{U_i} \right)^2 + \left( \frac{P_{li} \cdot X_{li} - Q_{li} \cdot R_{li}}{U_i} \right)^2};$$
$$U_i = \sqrt{\left( U_{i-1} - \frac{P_{i-1} \cdot R_{li} + Q_{i-1} \cdot X_{li}}{U_{i-1}} \right)^2 + \left( \frac{P_{i-1} \cdot X_{li} - Q_{i-1} \cdot R_{li}}{U_{i-1}} \right)^2};$$

Выбор нижней уставки срабатывания РПН влияет на устойчивость работы электродвигателей и особенно важен для предприятий, где имеются электроприемники, электроснабжение которых осуществляется по протяженным линиям, а также электроприемники, работающие в тяжелых нагрузочных условиях (угольные и сланцевые шахты, угольные и рудные карьеры и т.д.).

Как показали исследования, минимум регулировочных характеристик нагрузки по напряжению  $P = f(U)$  и  $Q = f(U)$  находится в пределах  $0,75 \div 0,85 U_n$ . Поэтому, для снижения потребления активной и реактивной мощности, напряжение на шинах понизительных подстанций предприятия следует поддерживать близким к нижнему пределу, обусловленному устойчивостью работы наиболее удаленных от шин подстанций электроприемников (не оборудованных индивидуальными устройствами регулирования напряжения), с учетом компенсации потерь в питающих линиях.

При коррекции нижней уставки по току целесообразно контролировать не менее двух линий с наибольшими потерями, т.к. отключение одной линии ( $I_{нгр} = 0$ ) может привести к снижению напряжения на шинах подстанции ниже минимально допустимого уровня и снижению уровня напряжения на электроприемниках ниже уровня, обеспечивающего их устойчивую работу. Поэтому микропроцессорный контроллер должен определить линию с наибольшими потерями и рассчитать нижнюю уставку РПН, ориентируясь на эту линию:

$$U_{уст.н} = U_{min.дон} + MAX \{ I_{нг.і} (R_{лі} \cos \varphi_i + X_{лі} \sin \varphi_i) \},$$

где:  $I_{нг.і}$  - ток нагрузки  $i$ -той линии в часы максимума;  $R_{лі}$  и  $X_{лі}$  - соответственно активное и реактивное сопротивление  $i$ -той линии.

Реализация стабилизации напряжения на электроприемниках предприятий горной промышленности требует разработки быстродействующего регулятора напряжения, позволяющего жестко контролировать и быстро реагировать на все кратковременные провалы напряжения на входе потребителей, а также долговременные отклонения напряжения в питающей сети. Регулирование напряжения должно проводиться без сдвига фазы и искажения формы кривой напряжения.

Механические переключатели коэффициента трансформации дороги в изготовлении и имеют низкое быстродействие. Косвенные методы регулирования напряжения дают незначительный эффект в участковых распределительных сетях горных предприятий, выполненных кабельными линиями и имеющими низкое реактивное сопротивление. Поэтому для индивидуального регулирования был предложен ВДТ с регулируемым магнитным потоком.

В качестве магнитной цепи используется Ш-образный сердечник с намотанными на него катушками возбуждения, вольтодобавки и управления. Обмотки возбуждения имеют одинаковое число витков и включены встречно-последовательно. Катушки вольтодобавки соединены последовательно с нагрузкой такой полярностью, что одна из них работает для повышения, а другая - для понижения напряжения на нагрузке.

Изменяя число витков в обмотках управления на верхнем и нижнем стержнях, можно изменять магнитные потоки стержней и, следовательно, управлять напряжениями обмоток вольтодобавки, которые складываются или вычитаются из напряжения нагрузки, а значит управлять величиной напряжения нагрузки.

Напряжения на нагрузке в зависимости от числа витков, включенных в обмотке управления:

$$\dot{U}_H = \dot{U}_0 + \dot{U}_{21} - \dot{U}_{22} = \dot{U}_0 + \frac{W_{21}W_{32}}{W_3W_{11}} \dot{U}_0 - \frac{W_{22}W_{31}}{W_3W_{12}} \dot{U}_0 = \dot{U}_0 \left( 1 + \frac{2(W_{21}W_{32} - W_{22}W_{31})}{W_3W_1} \right),$$

где:  $U_H$  - напряжение нагрузки;  $U_0$  - фазное напряжение сети;  $U_{21}$ ,  $U_{22}$  - напряжения вольтодобавки ВДТ регулирования;  $W_{21}$  и  $W_{22}$  - число витков в обмотке вольтодобавки;

$W_{11}$  и  $W_{21}$  - число витков в обмотке возбуждения;  $W_{31}$  и  $W_{32}$  - число витков в обмотке управления.

*Выводы.* Предложенный способ и технические средства регулирования напряжения позволяют обеспечить оптимальный уровень напряжения в сетях горных и нефтегазовых предприятий вне зависимости от удаленности потребителей от центра питания и конфигурации сети.