Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. LXXXIУ, 1979 г.

# ОСОБЕННОСТИ ПРОДОЛЬНО-ПОПЕРЕЧНОЙ КОМПЕНСАЦИИ ПОТЕРЬ НАПРЯЖЕНИЯ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В РУДНИЧНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

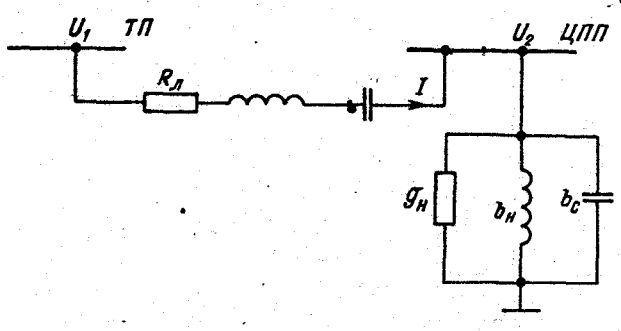
В.М.КВЯТКОВСКИЙ, Е.М.ПРОСКУРЯКОВ,
Л.Н.СМИРНОВА, Я.Э.ШКЛЯРСКИЙ

Распределительные сети калийных рудников отличаются большой протяженностью отходящих кабельных линий 6 кВ и большой мощностью потребителей, что вызывает отклонения напряжения на зажимах электроприемников свыше 10%. Резкопеременная нагрузка и частые пуски мощных электродвигателей обусловливают большие колебания напряжения. Это приводит к нарушению нормальной работы механизмов и преждевременному выходу из строя электродвигателей.

Кроме того, как показали статистические исследования[x], в режимах наиболее вероятных нагрузок в распределительной сети рудников $tg\varphi = 1{-}1{,}3$, что вызывает загрузку кабеля реактивными токами, увеличивает потерю напряжения и потери мощности. На калийных рудниках применением установок продольной компенсации УПК улучшают качество напряжения на зажимах электроприемников. Однако это не решает вопроса об уменьшении потерь мощности в распределительной сети. Целесообразно рассмотреть возможность совместного применения продольной и поперечной компенсации. На производственном объединении „Белоруськалий" использование нерегулируемых батарей конденсаторов НБК в подземных условиях разрешено Госгортехнадзором в распределительной сети 6 кВ. Поэтому рассмотрим наше предложение для условий рудников этого объединения.

Для количественной оценки влияния УПК и НБК на режимы работы распределительной сети сравним их свойства на примере упрощенной схемы сети (см.рисунок) при следующих условиях: 1) компенсаторы включены постоянно; 2) емкостное сопротивление (проводимость) компенсаторов не регулируется; 3) УПК полностью компенсирует реактивное сопротивление линии до ЦПП, т.е. $x_c/x_л = 1$; а НБК – реактивную проводимость нагрузки, $b_c/b_н = 1$;

[x] Б.П. Коновалов. Исследование качества напряжения в распределительных сетях калийных рудников. – Автореф. канд. дисс. ЛГИ, 1977.




Расчетная схема рудничной распределительной сети

4) параметры нагрузки считаются независящими от режима работы сети; 5) все величины сравниваются в относительных единицах.

При принятых условиях в режиме номинальной нагрузки УПК создает добавку напряжения, пропорциональную реактивной проводимости ($\sim x_c b_н$) или при $\cos\varphi = const$ полной проводимости нагрузки, в то время как НБК создает добавку напряжения, пропорциональную $x_л b_c$, не зависящую от величины нагрузки.

Далее, $tg\varphi$ компенсируемой сети при продольной компенсации уменьшается в $(x_л + b_н)/b_н$ раз, а при поперечной компенсации - в $(x_л + b_н)/x_л$ раз. В режиме номинальной нагрузки потери мощности в питающей линии при продольной компенсации несколько увеличиваются, а потери мощности в той же линии при поперечной компенсации существенно, в $I/\cos^2\varphi_н$ раз, уменьшаются.

В режиме резкопеременной нагрузки (частые пуски двигателей и т.п.) УПК существенно уменьшает колебания напряжения, а НБК этим свойством не обладают.

В режиме холостого хода проводимость (ток) нагрузки равна нулю и УПК добавки напряжения не создает. При поперечной компенсации питающая линия нагружена емкостным током и напряжение в конце линии недопустимо возрастает, становится примерно в $I/(I - x_л \cdot b_н)$ раз больше входного, что приводит к необходимости отключения НБК.

В режиме короткого замыкания ток в питающей линии и напряжение на УПК недопустимо возрастают. Поэтому для УПК необходима специальная защита от коротких замыканий. Напряжение на конденсаторах становится равным нулю и НБК не оказывают влияния на периодическую составляющую тока короткого замыкания.

УПК можно установить на поверхности рудника (на главной или промежуточной подстанции) или под землей (на центральной подземной подстанции ЦПП). Она не требует специальной коммутационной аппаратуры. НБК, предназначенные для повышения уровня напряжения и разгрузки подземных сетей, можно устанавливать только под землей (на ЦПП или участковом распределительном пункте УРП). Кроме того, для НБК при частых коммутациях требуется специальная коммутационная аппаратура - вакуумные выключатели.

Для оценки рациональной степени продольно-поперечной компенсации проанализируем режимы работы сети при совместном включении УПК и НБК на примере приведенной схемы рудничной распределительной сети. Изменяем $x_c$ от нуля до $x_c = x_л$, а $b_c$ - от нуля до $b_c = b_н$.

Выбираем значения параметров, характерные для сетей калийных рудников ПО „Белорускалий".

Рассматриваем варианты при холостом ходе, половинной и номинальной нагрузках, когда в распределительной сети компенсация: 1) отсутствует, $x_c = 0$; $b_c = 0$; 2) только продольная, $x_c = x_л$, $b_c = 0$; 3) только поперечная, $x_c = 0$, $b_c = b_н$; 4) продольно-поперечная, $x_c = x_л$, $b_c = b_н$.

Рассчитываем сравниваемые величины: ток в линии

$$I = \frac{Y_н \cdot \dot{U}_1}{Z_л Y_н + 1},$$

где $Z_л = R_л + jx_л$, $Y_н = g_н - jb_н$;
напряжение в конце линии

$$U_2 = \frac{\dot{U}_1}{Z_л Y_н + 1};$$

потерю напряжения в линии

$$\Delta U = U_1 - U_2;$$

изменение напряжения при набросе (сбросе) нагрузки

$$\delta U = U_{2_{хх}} - U_2,$$

где $U_{2_{хх}}$ – напряжение в конце линии при холостом ходе ($Y_н = 0$);
потерю мощности в линии

$$\Delta P_л = R_л \cdot I^2;$$

мощность установки продольной компенсации

$$Q_{c_{послед}} = \frac{U_н^2}{x_c},$$

где $U_н$ – номинальное напряжение конденсаторов УПК;
мощность установки поперечной компенсации

$$Q_{c_{парал}} = U_2^2 b_c.$$

Из результатов расчетов следует, что в номинальном режиме при полной компенсации УПК и НБК создают одинаковые добавки напряжения и повышают его уровень на 10%. Однако мощность УПК при этом примерно в 5 раз меньше мощности НБК. Практически устраняются колебания напряжения при резких изменениях нагрузки. Потери мощности в питающей линии уменьшаются в 2,1 раза, по сравнению с некомпенсированной сетью. Добавка напряжения при включении только УПК или только НБК в обоих случаях одинакова – около 10%. Размах колебаний напряжения при работе НБК достигает 15%. Потери же мощности с УПК увеличиваются в 1,3 раза, а с НБК уменьшаются в 2,5 раза.

В режиме половинной нагрузки от номинальной при совместном включении УПК и НБК добавка напряжения остается такой же, как в номинальном режиме, и колебания напряжения практически отсутствуют. Потери мощности в линии

при этом незначительно увеличиваются. В сети с НБК они заметно превышают потери мощности в некомпенсированной сети или в сети с УПК. Колебания напряжения при этом составляют 6%.

В режиме холостого хода при совместном включении УПК и НБК нет перенапряжения в конце линии. Потери мощности при этом несколько меньше, чем в сети только с НБК, которые на 6-8% выше потерь мощности при полной нагрузке в некомпенсированной сети.

Учитывая изложенное, можно сделать следующие выводы.

I. Нерегулируемые установки поперечной компенсации при степенях компенсации, близких к единице, создают в режимах холостого хода и малых нагрузок недопустимые для подземных распределительных сетей перенапряжения и не устраняют колебаний напряжения в сети при резких колебаниях нагрузки. В связи с этим нерегулируемая поперечная компенсация неэффективна для повышения качества напряжения в рудничных распределительных сетях.

2. Так как в распределительных сетях с установками продольной и поперечной компенсации сочетаются все положительные свойства, присущие этим компенсациям, целесообразно одновременное применение в рудничных сетях обеих компенсаций.

3. В условиях дефицита конденсаторных мощностей и жестких требований энергосистем к режиму реактивной мощности промышленных предприятий полная компенсация реактивной мощности в номинальном режиме при совместной работе установок продольной и нерегулируемой поперечной компенсации нецелесообразна.

4. Выбор степени компенсации реактивной мощности и мест включения параллельных конденсаторов должен производиться, исходя из условия обеспечения за счет продольной и поперечной компенсации допустимых уровней напряжения во всех точках подземной распределительной сети 6 кВ.