

УДК 621.316.722.076.12

ФИЛЬТРОКОМПЕНСИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ УСТАНОВОК С ТИРИСТОРНЫМ ПРИВОДОМ

Е.А. Триллер, Т.В. Алтухова

Красноармейский индустриальный институт ГВУЗ ДонНТУ

Розглянуто питання виникнення вищих гармонійних коливань в шахтних підйомних установках з тиристорним приводом й можливості скорочення їх впливу за допомогою фільтрокомпенсуючих пристроїв.

На сегодняшний день на предприятиях угольной промышленности Украины особо остро стоит вопрос энергосбережения. В современных электрических сетях, к сожалению, очень часто присутствуют гармонические составляющие тока. Гармоники генерируются электротехническим оборудованием с нелинейной нагрузкой, что приводит к большим потерям энергии, неисправностям и сбою в работе оборудования, перегреву кабельных линий и трансформаторов, ухудшается работа систем релейной защиты и автоматики, что и приводит к убыткам. Также при наличии высших гармоник в электрических цепях возникает опасность появления резонансных явлений, при этом гармоники могут усиливаться в 10-15 раз в цепи.

На шахтах возникновение высших гармоник происходит в основном на подъемных установках с тиристорным управлением. Привод по системе «тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока», обладая достоинствами по управлению, имеет недостатки по отношению к питающей сети: при его пуске возникают толчки реактивной мощности и падение напряжения электросети, сопровождающиеся появлением в сети высших гармоник. В электродвигателях дополнительный нагрев обмоток возникает через значительную разность в скоростях вращающих магнитных полей, которые образуются высшими гармониками и скоростью обращения ротора. В отличие от трансформаторов, выход из порядка электродвигателей шахтных подъемных установок через перегрев более значительный. Для ограничения воздействий тиристорных преобразователей на питающую сеть выбрать многоимпульсные схемы выпрямления – 6-ти или 12-импульсная (двойной мост), приведенный уровень гармоник на стороне переменного напряжения 12-импульсной схемы значительно ниже в сравнении с 6-импульсной (конфигурация гармоники 6-импульсная 5-я, 7-я, 11-я, 13-я, 17-я, 19-я, 23-я, 25-я; 12-импульсная 11-я, 13-я, 23-я, 25-я);

применение фильтров и регулируемых фильтрокомпенсирующих устройств, позволяет осуществлять коррекцию коэффициента мощности. Фильтрокомпенсирующие устройства при идеальном настраивании в резонанс полностью поглощают высшие гармонические составляющие, а также используются как компенсирующие устройства. В силовых фильтрах используются конденсаторные установки напряжением от 0,22 кВ до 10,5 кВ.

Для установки фильтрокомпенсирующих устройств на шахтные подъемные установки (рис.1) необходимо проверить возможность применения и нормальной работы в сети по условию возникновения параллельного резонанса на высших гармонических составляющих в системе «сеть - ФКУ» [1]:

$$v_{np} = \sqrt{\frac{X_{\phi ку}}{X_{\Sigma}}} \leq 3,$$

где v_{np} - номер гармонической составляющей, где будет происходить резонанс токов;

$$X_{\phi ку} = \frac{U_{номФКУ}}{Q_{номФКУ}} - \text{емкостное сопротивление фильтрокомпенсирующих устройств на основной частоте, Ом;}$$

$U_{номФКУ}$ - номинальное напряжение фильтрокомпенсирующих устройств;

$Q_{кбном}$ - мощность фильтрокомпенсирующих устройств;

$$X_{\Sigma} = \frac{1}{\frac{1}{X_{\Sigma нав}} + \frac{1}{X_{\Sigma с}}} - \text{суммарное индуктивное сопротивление питающей сети и прочих нагрузок на основной частоте, Ом.}$$

$X_{\Sigma нав}$ - индуктивное сопротивление асинхронного двигателя шахтной подъемной установки;

$X_{\Sigma с}$ - суммарное индуктивное сопротивление питающей сети на общей частоте.

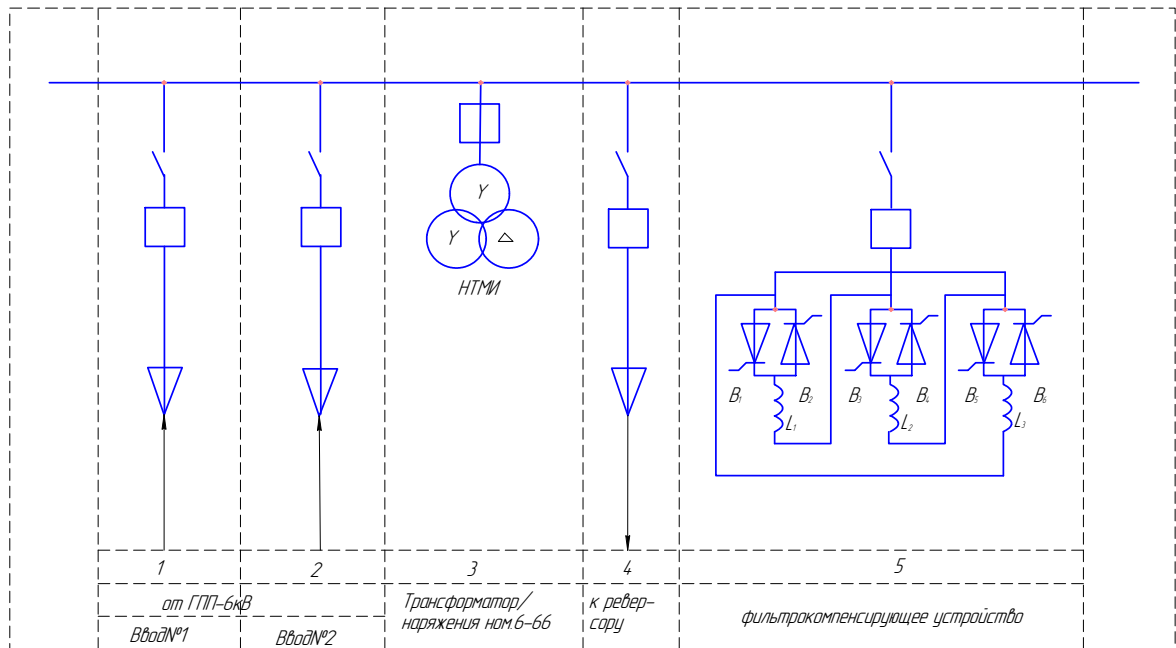


Рис.1. Принципиальная однолинейная схема шахтной подъемной установки с подключением фильтрокомпенсирующего устройства

Выбор фильтрокомпенсирующих устройств шахтной подъемной установки производится по параметрам [1]:

1) Активная мощность шахтной подъемной установки:

$$P_p = \kappa_c \cdot P_{ном},$$

где $\kappa_c = 0,7$ - коэффициент спроса шахтной подъемной установки;

$P_{ном}$ - номинальная мощность шахтной подъемной установки;

2) Реактивная мощность шахтной подъемной установки:

$$Q_p = \operatorname{tg} \varphi \cdot P_p;$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ - существующий коэффициент мощности;

3) Значение плановой реактивной мощности шахтной подъемной установки, кВар: $Q_n = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_n$;

где $\operatorname{tg} \varphi_n$ - планируемый коэффициент мощности;

4) Мощность фильтрокомпенсирующих устройств, которые устанавливаются на шахтную подъемную установку, кВар:

$$Q_{фку} = Q_{\phi} - Q_n;$$

где Q_{ϕ} ; Q_n - мощность реактивная соответственно фактическая и плановая по шахте;

5) Номинальная мощность батарей конденсаторов (БК) фильтро-

компенсирующих устройств [2]:
$$Q_{ном,БК} \geq \frac{3 \cdot U_{ном,БК} \cdot \sum_{k=1}^n I_{v_k,БК}}{\sqrt{C_i^2 - a_v^2 \cdot k_u^2}},$$

где $U_{ном,БК}$ - номинальное напряжение конденсаторов, кВ;

$a_v = \frac{v^2}{v^2 - 1}$ - коэффициент, характеризующий степень увеличе-

ния напряжения;

v - номер гармоники;

$k_u = \frac{U_n}{U_{ном,БК}}$ - коэффициент искривления синусоидальности

кривого напряжения;

U_n - напряжение n -й гармонической составляющей напряже-

ния;

$\sum_{k=1}^n I_{v_k,БК}$ - суммарный значение тока батарей конденсаторов

фильтрокомпенсирующих устройств;

C_i - продолжительно допустимые превышения тока.

Определение основных параметров фильтрокомпенсирующих устройств[2,3]:

1) Количество параллельно включенных конденсаторов:

$$l = \frac{U_c \cdot a_v}{U_{ном,БК} \cdot k_1}$$

где k_1 - коэффициент, учитывающий повышения напряжения на отдельных конденсаторах вследствие расхождения их емкостей;

2) Фазное напряжение промышленной частоты на зажимах батареи конденсаторов фильтра определяется по формуле $U_{1\phi} = a_v \cdot U_{ном,БК}$;

3) Проверка выбранных фильтрокомпенсирующих устройств проводится по условию отсутствия недопустимой перегрузки по напряжению:

$$\sqrt{a_v^2 \cdot k_u^2 + \frac{1}{I_{ном,ФКУ}^2} \cdot \sum_{k=1}^n \frac{I_{v_k,БК}^2}{v_k^2}} \leq C_U$$

где $I_{ном,ФКУ}$ - номинальный ток фильтрокомпенсирующих устройств;

C_U - продолжительно допустимые превышения напряжения.

4) Проверка выбранных фильтрокомпенсирующих устройств по условию допустимой перегрузки по току : $\frac{I_{\text{вб}}}{I_{\text{нб}}} \leq \sqrt{C_i^2 - a^2 \cdot k_u^2}$

$$I_{\text{вб}} = \frac{S_{\text{ПР}}}{\sqrt{3} U_{\text{НОМ}} \cdot \nu} - \text{действующее значение тока фильтрокомпенсирующих устройств};$$

рующих устройств;

$I_{\text{нб}}$ - номинальный ток фильтрокомпенсирующих устройств.

5) Проверка выбранных фильтрокомпенсирующих устройств по условию исключения недопустимой перегрузки по току :

$$I_{\text{ном,БК}} \geq \frac{\sum_{k=1}^n I_{\text{вк,БК}}}{\sqrt{C_i^2 - a^2 \cdot k_u^2}}$$

6) При идеальном налаживании в резонанс и номинальных значениях индуктивности $L_{\text{НОМ}}$ и емкости $C_{\text{НОМ}}$ справедливо следующее отношение: $L_{\text{НОМ}} = \frac{1}{\nu^2 \cdot \omega^2 \cdot C_{\text{НОМ}}}$,

где ω - частота питающей сети.

Индуктивность L имеет отклонение, обусловленное несовершенством технологии: $L = L_{\text{НОМ}}(1 + \alpha_L)$,

где $\alpha_L = \Delta L / L_{\text{НОМ}}$ - относительное отклонение индуктивности от номинального значения.

Емкость также имеет отклонение: $C = C_{\text{НОМ}}(1 + \alpha_C)$,

где $\alpha_C = \Delta C / C_{\text{НОМ}}$ - относительное отклонение емкости от номинального значения.

7) Индуктивное и емкостное сопротивления фильтра изменяются с изменением частоты питающей сети : $\omega = \omega_{\text{НОМ}} + \Delta\omega = \omega_{\text{НОМ}}(1 + \alpha_\omega)$,

где $\alpha_\omega = \Delta\omega / \omega_{\text{НОМ}}$ - относительное отклонение частот от номинального значения.

8) Абсолютная величина реактивного сопротивления фильтра гармоники $\Delta X_{\text{фв}}$ при разладе резонансного контура вследствие отклонений индуктивности и емкости от номинальных значений представляется выражением: $\Delta X_{\text{фв}} = \nu \cdot \omega \cdot L - \frac{1}{\nu \cdot \omega \cdot C}$

9) Относительное отклонение реактивного сопротивления фильтру от величины емкостного сопротивления при идеальном резонансном налаживании выражается формулой $\alpha = \frac{\Delta X_{\text{фв}}}{\nu \cdot \omega \cdot L_{\text{НОМ}}}$.

Выводы:

Установка фильтрокомпенсирующих установок на шахтные подъемные установки с тиристорным управлением позволяет:

- увеличить коэффициент мощности, что значительно снизит потери активной и реактивной мощности;
- снизить коэффициент несинусоидальности;
- существенно увеличить уровень неканонических гармоник.

Библиографический список

1. Справочник по электроустановкам угольных предприятий. Электроустановки угольных шахт: Справочник / В.Ф.Антонов, Ш.Ш.Ахмедов, С.А. Волотковский и др. Под общей ред. В.В.Дегтярева, В.И.Серова, Г.Ю Цепелинского – М.: Недра, 1988. – 727с.

2. Красник В.В. Автоматические устройства по компенсации реактивной мощности в электросетях предприятий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 136 с.

3. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: в 2 т. / Под общ. ред. А.А. Федорова. Т.2 Электрооборудование. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 592 с.

4. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: в 2 т. / Под общ. ред. А.А. Федорова. Т.1 Электроснабжение. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 568 с.