

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ДВИЖЕНИИ

Джуманов Аббос Набижонович

ассистент кафедры энергетики

Джизакского политехнического института

Аннотация: В этой статье раскрываются пути оптимального управления режимами работы систем электроснабжения при высокоскоростном движении. На участках со скоростным и высокоскоростным движением система внешнего электроснабжения должна обеспечивать двухстороннее питание тяговых потребителей по высоковольтным линиям, подвешенным на отдельных опорах. При автоматической частотной разгрузке энергосистемы в случае ее перегрузки эти линии не должны отключаться.

Ключевые слова: электроснабжение, энергосистемы, оптимальное управление, высокоскоростное движение, электроэнергетика.

Abstract: This article reveals the ways of optimal control of the operating modes of power supply systems in high-speed traffic. In areas with high-speed and high-speed traffic, the external power supply system must provide two-way power to traction consumers via high-voltage lines suspended on separate supports. In the case of automatic frequency unloading of the power system, these lines should not be disconnected in the event of an overload.

Key words: power supply, power systems, optimal control, high-speed traffic, electric power industry.

Минимизация потерь электроэнергии в тяговой сети является целевой задачей участия системы тягового электроснабжения (СТЭ) в формировании энергетической эффективности электрической тяги в целом [1]. Наименьшая мощность СТЭ требуется при наиболее равномерном распределении поездов (по их числу и типу) во времени. Повышение энергетической эффективности режимов работы СТЭ переменного тока с нерациональными потоками реактивной мощности и наличием транзита мощности из-за межсистемных перетоков требует применения автоматического регулирования напряжения

на тяговых подстанциях и ввода в работу рациональных мощностей компенсирующих устройств, [2]

Эффективность применения конденсаторных установок в электроэнергетике известна давно [3]. Они позволяют повысить провозную способность железных дорог при больших нагрузках за счет повышения напряжения в тяговой сети до нормируемых значений. С их помощью также нормализуется баланс по реактивной мощности в рассматриваемом узле электроснабжения для обеспечения приемлемого режима напряжения для потребителя, решаются вопросы снижения потерь мощности и в целом повышается качество электроэнергии.

Практика доказала приемлемость в тяговом электроснабжении установок поперечной (КУ) и продольной (УПК) емкостной компенсации для повышения эффективности и надежности работы железных дорог. Тем не менее, проблема совершенствования КУ и УПК с учетом современных требований к электроснабжению является первоочередной и требует выполнять их регулируемыми и переключаемыми, учитывая основные нормативно-правовые документы [4].

Компенсация реактивной мощности направлена в основном на экономию (уменьшение потерь) при эксплуатации тяговых сетей и одновременно на улучшение качества напряжения. Для нахождения наилучшего решения необходимо сопоставлять стоимость установки компенсирующих устройств и дополнительной аппаратуры к ним (с учетом расходов на эксплуатацию) с экономией на стоимости потерь в тяговых сетях, а также с выигрышем, полученным за счет улучшения качества напряжения ЭПС и не тяговых потребителей. Эффективный вариант компенсации реактивной мощности тяговой нагрузки - распределенная система КУ в тяговой сети, когда КУ включены на постах секционирования и на тяговых подстанциях.

Для выбора номинальной мощности КУ следует выполнить расчет наименьшего действующего напряжения на токоприемнике ЭПС для

заданных размеров движения по нормальной (проектной) схеме СТЭ с учетом сгущения поездов в интенсивный час. Расчеты во всех случаях следует выполнять с использованием программных комплексов с имитацией взаимосвязанных мгновенных схем движущихся нагрузок ЭПС [5].

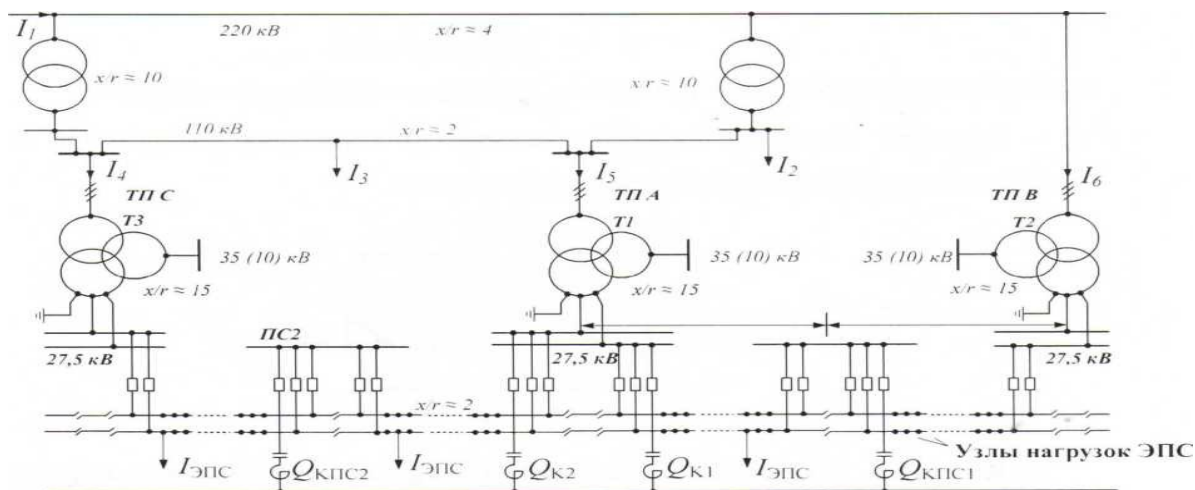


Рис. 1.1. Фрагмент внешнего электроснабжения тяговой сети с распределенной поперечно емкостной компенсацией.

Так для каждой из меж подстанционных зон рассматриваемого участка (рис. 1.1) при заданных размерах движения и нормальной схеме питания определяется фактическое наименьшее напряжение на токоприёмнике ЭПС

$$U_{\text{мин.ф.}} = \dot{U}_{\text{мин.ф.}} = \dot{U} - \sum_{i=1}^n \Delta \dot{U}_{\text{max}i} / n,$$

где $\dot{U}_{\text{ш}i}$ - мгновенное значение напряжения на шинах тяговой подстанции; $\Delta \dot{U}_{\text{max}i}$ - мгновенное максимальное падение напряжения в векторе $\Delta \dot{U}_a$ падение напряжений от узлов нагрузок ЭПС до базисного узла; n - количество решенных мгновенных схем за время моделирования T .

Падение напряжения на участке сети от любого узла до базисного находится по выражению $\Delta U = M_{at}^{(-1)} \dot{U}_a$ 1.2

где M_{at}^{-1} - транспонированная обратная первая матрица инцидентий для дерева схемы;

$\dot{U}_a = Z_a I_{Ba} - \dot{E}_a$ - вектор падения напряжения на ветвях дерева схемы;

\dot{E}_a - э.д.с. в ветвях дерева схемы. Здесь для определения токов в ветвях схемы по известным нагрузкам поездов и нагрузкам внешней системы электроснабжения используется выражение

$$\dot{I}_B = N_t \{ (NZ_B N_t)^{-1} [N(\dot{E}_g + \dot{E}_r) - NZ_B \begin{pmatrix} M \\ 0 \end{pmatrix} j] \} + \begin{pmatrix} M \\ 0 \end{pmatrix} j \quad 1.3$$

где $M_{m,n}$ и $N_{k,n}$ - первая и вторая матрицы инцидентий; m - количество узлов; n - количество ветвей; $k=n-m$ - количество независимых контуров; Z_B - матрица сопротивлений ветвей; $J = (j_1, j_2, \dots, j_m)$ - вектор задающих токов; \dot{E}_ℓ - вектор э.д.с. в ветвях дерева и хорд без трансформаций; \dot{E}_T - вектор э.д.с. в ветвях дерева и хорд с трансформациями; M_{at}^{-1} - обратная матрица инцидентий для дерева схемы. Здесь элементы τ в векторах \dot{E}_m \dot{I}_v связаны зависимостями $\dot{E}_{at} = \dot{K} \dot{E}_{Bt}$ и $\dot{K} \dot{I}_{at} = \dot{I}_{bt}$ \dot{K} - где квадратная матрица коэффициентов трансформации размерностью t ; a - ветви дерева схемы; B - ветви хорд схемы; t - ветви дерева и хорд не связанные с трансформациями.

В задачах, не требующих расчета ток распределения, вектор падения напряжения определяется по формуле:

$$\Delta \dot{U} = \dot{Y}^{-1} J \quad 1.4$$

где $\dot{Y} = M Z_B^{-1} M_t$ - матрица узловых проводимостей.

Вначале принимаем вариант с размещением КУ на постах секционирования (на рис. 3.1.1. $Q_{кпс 1}$ и $Q_{кпс 2}$). Расчетная мощность КУ,

необходимая для повышения напряжения до нормированного значения Q_K , определяется разностью наименьших значений нормированного и фактического действующего напряжения на токоприемнике ЭПС ($U_{мин. норм} - U_{мин. ф}$) и входным индуктивным сопротивлением до КУ ($X_{вх}$) по формуле, $M_{вар}$:

$$Q_K = U_{ном}^2 (U_{мин. норм} - U_{мин. ф}) / \{ U_{мин. норм} * X_{вх} \} \quad 1.5$$

где $U_{ном}$ - номинальное напряжение КУ ($U_{ном} = 27,5$ кВ); $X_{вх}$ - входное индуктивное сопротивление до КУ.

Входное индуктивное сопротивление до КУ поста, секционирования при двухстороннем питании контактной сети от смежных подстанций ТП А и ТП В (рис. 3) определяется по формуле, Ом:

$$X_{\text{вх}} = \frac{A * B}{A + B} \quad 1.6$$

где $A = X_{TCa} + 2X_{TP.a} + 2X_{Ca}$, $B = X_{TC.B} + 2X_{TP.B} + 2X_{CB}$, X_{TCa} и $X_{TC.B}$ - индуктивные сопротивления тяговой сети соответственно от подстанций ТП А и ТП В до КУ, Ом; X_{TCa} и $X_{TC.B}$ - индуктивные сопротивления включённых в работу трансформаторов на подстанциях ТП А и ТП В, Ом;

X_{Ca} и X_{CB} - индуктивные сопротивления системы внешнего электроснабжения соответственно до подстанций ТП А и ТП В, Ом.

Индуктивное сопротивление включённых в работу трансформаторов на подстанции ТП А (ТП В) определяется по формуле, Ом:

$$X_{TP} = U_{K3} * U_{\text{ном}}^2 / 100 * n * S_{TP}, \quad 1.7$$

где U_{K3} - напряжение короткого замыкания трансформатора, %; $U_{\text{ном}}$ - номинальное напряжение трансформатора ($U_{\text{ном}} = 27,5$ кВ), S_{TP} - номинальная мощность трансформатора, МВ*А, n - количество включённых в работу трансформаторов.

Индуктивное сопротивление системы внешнего электроснабжения определяется по формуле, Ом:

$$X_c = U_{\text{ном}}^2 / S_{K3}, \quad 1.8$$

где S_{K3} - мощность трехфазного короткого замыкания на шинах 110 (220) кВ тяговой подстанции, МВ*А.

Список литературы:

1. Nabijonovich J. A. Renewable energy sources in Uzbekistan // ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal. – 2020. – Т. 10. – №. 11. – С. 769-774.