

РЕАКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ В ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМ, ОГРАНИЧЕНИЕ НАГРУЗКИ И КОМПЕНСАЦИЯ

Қодиров Афзалжон Ахрор угли
Комолддинов Сохибжон Солижон угли
Fergana Polytechnic Institute

Abstract: This article examines the impact of reactive power support limits on the reliability of the power system. When evaluating the reliability of power systems, several load interruptions are caused by violations of the voltage limits, which can be eliminated with the help of reactive power support. Existing methods for assessing the consequences of violations of the voltage limit and reactive power limit do not provide the amount of reactive power support necessary to eliminate violations. The presented work provides a quantitative measure of reactive power compensation to improve reliability. This measure is based on the construction of the probability distribution function of the required reactive power compensation. The expected load loss and expected undersupply energy reliability indicators are used to assess the lack of reactive power support. A non-linear model based on AC power flow is used to accurately represent measures to remove system load limitation.

Аннотация: В данной статье исследуется влияние пределов поддержки реактивной мощности на надежность энергосистемы. При оценке надежности энергосистем несколько отключений нагрузки вызваны нарушениями предельных значений напряжения, которые можно устранить с помощью поддержки реактивной мощности. Существующие методы оценки последствий нарушений лимита напряжения и лимита реактивной мощности не обеспечивают объем поддержки реактивной мощности, необходимый для устранения нарушений. Представленная работа обеспечивает количественную меру компенсации реактивной мощности для повышения надежности. Эта мера основана на построении функции распределения вероятностей требуемой компенсации реактивной мощности. Показатели надежности ожидаемой потери нагрузки и

ожидаемой недоотпущенной энергии используются для оценки отсутствия поддержки реактивной мощности. Нелинейная модель, основанная на потоке мощности переменного тока, используется для точного представления мер по устранению ограничения системной нагрузки.

Ключевые слова: восстановление напряжения с задержкой при КЗ; компенсация реактивной мощности; Анализ чувствительности; переходная стабильность; критерии напряжения; анализ стабильности напряжения

В данной статье исследуется влияние пределов поддержки реактивной мощности на надежность энергосистемы. по составным показателям надежности системы и обеспечивает количественную меру поддержки реактивной мощности для энергосистемы. повышение надежности. Хотя было несколько методов представлены в литературе для изучения эффектов реактивного дефицита мощности на надежность системы за счет обеспечения реактивного показателя, связанные с мощностью, метод, представленный в этой статье рассчитывает количество требуемой поддержки реактивной мощности для устранения нарушений напряжения. Поддержка реактивной мощности определяется количественно через функции распределения вероятностей при системные шины. Кроме того, вклады реактивной мощности и предусмотрены пределы напряжений по показателям надежности. Полный, нелинейная модель потока мощности переменного тока используется для включения этих ограничения в оценке надежности. Сокращение пространства состояний метод используется для сокращения времени вычислений. Реактивная мощность —которая поступает в нагрузку и возвращается к источнику, а не рассеивается в нагрузке. Это вызвано реактивными элементами в цепи переменного тока, особенно катушками индуктивности и конденсаторами, которые заряжаются и разряжаются во время нормальной работы. Реактивная мощность измеряется как вольт-ампер-реактивная (ВАр) и обозначается буквой «Q». Для расчета реактивной мощности можно использовать следующие формулы.

В однофазных цепях переменного тока

$$Q = V \times I \times \sin\theta$$

В трехфазных цепях переменного тока

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin\theta$$

Реактивная мощность = $\sqrt{(\text{полная мощность}^2 - \text{истинная мощность}^2)}$

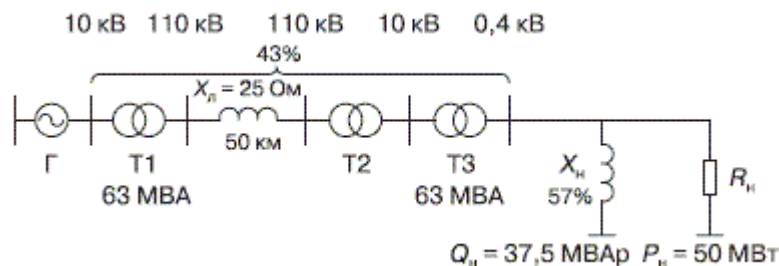
$$\text{VAR} = \sqrt{(\text{VA}^2 - \text{P}^2)}$$

В часы больших нагрузок с 7 до 23 часов они указаны в табл. 2. В часы малых нагрузок (с 23 до 7 час.) $\text{tg}\phi = 0$, а $\text{cos}\phi = 1$. Для напряжений 220 кВ и выше коэффициент РМ определяется на основе расчетов режимов работы электрической сети для нормальной и ремонтной схем. В более сложной электрической сети для снижения потерь АМ необходимо уменьшать перетоки РМ за счет выравнивания напряжений в узловых точках с помощью устанавливаемых ИРМ. Рассмотрим особенности компенсации РМ на примере упрощенной распределительной электрической сети 0,4–110 кВ, в которой нагрузка подключена на напряжение 0,4 кВ (рис. 1), а передача АМ осуществляется от генератора электростанции через линию 110 кВ с тройной трансформацией напряжения через Т1, Т2, Т3. Сформулируем задачу: скомпенсировать РМ в сети $Q_n = 37,5$ МВАр и передать дополнительную АМ. Сделать это можно с помощью источников реактивной мощности (ИРМ). Из анализа исходных данных и влияния места подключения ИРМ (0,4 кВ; 10 кВ и 110 кВ) на условия передачи АМ (табл. 1) следует:

- при отсутствии ИРМ и токе линии 252 А фактическая передаваемая АМ составляет 29,2 МВт, а снижение напряжения на нагрузке составляет 24%;
- при установке ИРМ параллельно нагрузке ток линии составит 305 А, АМ 53 МВт, а снижение напряжения на нагрузке 9%;
- установка ИРМ на 10 кВ и 110 кВ обеспечивает передачу АМ соответственно 50 МВт и 45 МВт со снижением напряжения на 11 и 16% на

нагрузке и незначительным снижением в месте установки ИРМ. Вместе с тем величина токов линии 273 А и 234 А позволяет увеличить передачу АМ.

Упрощенная распределительная электрическая сеть:

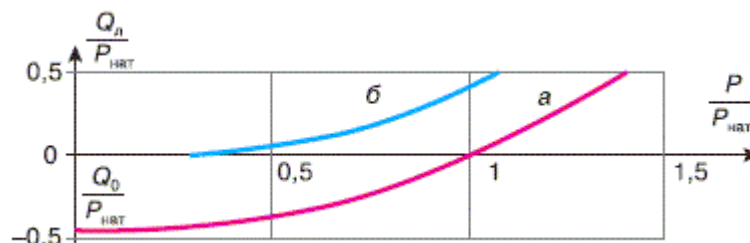


вариант	Ток линии	$U_1, \text{кВ } \%$	$U_2, \text{кВ } \%$	$P_{н, \text{факт.}}, \text{ МВт}$	$\Delta U_{н, \%}$
Без ИРМ	$157,2-j199,7$ $I_{л \text{ эф}} = 253 \text{ А}$	48,3кВ (76%)		29,2	24
ИРМ 0,4кВ	$278,2-j126$ $I_{л \text{ эф}} = 305 \text{ А}$	57,9кВ (91%)		53	9
ИРМ 10 кВ	$261,8-j76$ $I_{л \text{ эф}} = 273 \text{ А}$	56,3 кВ (89%)	61 кВ (96%)	50	11
ИРМ 110 кВ	$234-j40$ $I_{л \text{ эф}} = 234 \text{ А}$	53,3 кВ (84%)	62,5 кВ (99%)	45	16

Положение точки присоединения потребителя к электрической сети	$\text{tg } \varphi$	$\text{cos } \varphi$
Напряжения 110 (154 кВ)	0,5	0,895
Напряжения 35 (60 кВ)	0,4	0,928
Напряжения 6-20 кВ	0,4	0,928
Напряжения 0,4 кВ	0,35	0,944

Реактивная мощность жизненно важна для поддержания напряжения системы в допустимых пределах. Но для производства и поглощения этой реактивной мощности требуются возможности ряда генерирующих ресурсов, подключенных к системам передачи. Владельцы ресурсов, предоставляющие эту услугу, могут потребовать компенсацию, заполнив отчет о ставке реактивного дохода в FERC.

Успешная подача гарантирует, что учреждение будет получать стабильный ежемесячный компенсационный доход, поэтому важно обеспечить правильность технических деталей.



Кривая зависимости реактивной мощности от передаваемой активной некомпенсированной (а) и компенсированной (б) ВЛ длиной 400 км

Более того, с увеличением количества подключений возобновляемых источников энергии к сети владельцы, желающие предложить возможности реактивной мощности, должны действовать сейчас. В будущем увеличение доступности подходящих помещений может привести к более низким уровням компенсации.

Сброс нагрузки при понижении напряжения является последним средством для решения проблем с напряжением и используется в настоящей статье для определения сокращения нагрузки, вызванного дефицитом реактивной мощности. Допускается 10% снижение поставарийного напряжения относительно самого низкого допустимого напряжения (95%) при учете ограничений до второго порядка на основании. В качестве уставки напряжения для отключений нагрузки может использоваться как величина 0.85 о.е., так и 0.9 о.е.

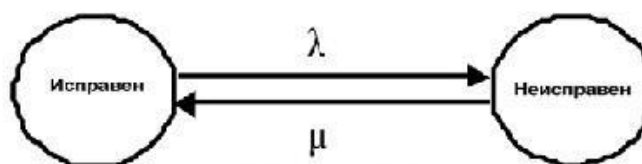


Рис. 1. Модель компонента с двумя состояниями

Ожидаемое количество непоставленной энергии из-за дефицита активной и реактивной мощности представлены, соответственно, как $EENS_P$ и $EENS_Q$. Ожидаемое количество непоставленной реактивной мощности из-за дефицита активной и реактивной мощности представлены, соответственно, как $EVNS_P$ и $EVNS_Q$. Ожидаемый дефицит реактивной мощности из-за отклонений напряжения определен как $EVarS$. Эти показатели могут быть рассчитаны по следующим соотношениям:

$$ELC_P = \sum_{i=1}^{NC} LC_{P_i} \times F_i \quad (1), \quad ELC_Q = \sum_{i=1}^{NC} LC_{Q_i} \times F_i \quad (2)$$

$$EQC_P = \sum_{i=1}^{NC} QC_{P_i} \times F_i \quad (3), \quad EQC_Q = \sum_{i=1}^{NC} QC_{Q_i} \times F_i \quad (4)$$

$$EENS_P = \sum_{i=1}^{NC} LC_{P_i} \times p_i \times 8760 \quad (5), \quad EENS_Q = \sum_{i=1}^{NC} LC_{Q_i} \times p_i \times 8760 \quad (6)$$

$$EVNS_P = \sum_{i=1}^{NC} QC_{P_i} \times p_i \times 8760 \quad (7), \quad EVNS_Q = \sum_{i=1}^{NC} QC_{Q_i} \times p_i \times 8760 \quad (8)$$

$$EVarS = \sum_{i=1}^{NC} VarSQ_i \times p_i \times 8760 \quad (9)$$

где NC – общее количество рассмотренных аварийных ситуаций, LC_{P_i} и QC_{P_i} – сокращения активной и реактивной мощности нагрузки из-за дефицита активной мощности для состояния i , соответственно, а LC_{Q_i} и QC_{Q_i} – сокращения активной и реактивной мощности нагрузки из-за дефицита реактивной мощности для состояния i , соответственно, а $VarSQ_i$ – дефицит реактивной мощности, вызывающий отклонения напряжения для состояния i .

Большинство существующих методов оценки надежности устраняют отклонения напряжения посредством снижения активной и реактивной мощности нагрузки (метод 1). Подпитка реактивной мощностью (метод 2) также рассмотрена в данном материале для решения аналогичной проблемы. Целью снижения

нагрузки или подпитки является восстановление напряжения на каждой шине до его минимального предела.

Использованная литература

1. Президент Республики Узбекистан (Указ Президента Республики Узбекистан) № УП-4947: Перспективное развитие возобновляемой энергетики, метод повышения энергоэффективности в экономической и социальной сферах на 2017-2021 годы.
2. Авезов Р.Р. и Лутпуллаева С.Л., Возобновляемые источники энергии в Узбекистане: состояние, тенденции и проблемы использования, «Физика в Узбекистане». Материал конференции "Godu Physical-2005". Физика 2005» «Физика в Узбекистане»), Ташкент: Узбекистан, Академик наук Узбекистана, 27-28 сентября 2005 г., стр. 119-123
3. Таиров Ш. М., Абдуллаев Б. Б. У. Чрезвычайные и критические изменения климата в странах центральной Азии //Universum: технические науки. – 2020. – №. 2-1 (71).
4. Abdullayev B. B. O. G. L. ZAMONAVIY ISSIQLIK ELEKTR MARKAZLARIDA QO ‘LLANILADIGAN ISSIQLIK IZOLYATSION MATERIALLAR VA ULARGA QO ‘YILADIGAN ASOSIY TALABLAR //Scientific progress. – 2021. – Т. 2. – №. 8. – С. 36-40..
5. Пономаренко О. И., Холиддинов И. Х. Автоматизированная система анализа и управления качеством электроэнергии //Главный энергетик. – 2021. – №. 1. – С. 18-24.
6. Hamidjonov Zuhridin, Abdullaev Abduvokhid, Ashurov Abdulahad, Ergashev Komiljon Ravshan O'G'Li REACTIVE POWER COMPENSATION IN POWER GRIDS // Universum: технические науки. 2021. №11-6 (92). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reactive-power-compensation-in-power-grids> (дата обращения: 06.01.2022).
7. Комолддинов Сохибжон Солижон Ўғли, Кодиров Афзалжон Ахрор Ўғли РАЗРАБОТКА СЛОЖНОГО АЛГОРИТМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ // Universum: технические науки. 2021. №11-5 (92). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-slozhnogo-algoritma-elektricheskoy-tsepi> (дата обращения: 06.01.2022).

8. Kodirov Afzaljon, Kobilov Mirodil, Toychiyev Zafarjon ANALYSIS OF REACTIVE POWER COMPENSATION IN INDUSTRIAL ENTERPRISES, ITS IMPORTANCE AND PRODUCTION METHODS // Universum: технические науки. 2021. №11-6 (92). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analysis-of-reactive-power-compensation-in-industrial-enterprises-its-importance-and-production-methods> (дата обращения: 06.01.2022).
9. Kobilov Mirodil, Kodirov Afzal PROBLEMS OF DETECTING SINGLE-PHASE GROUNDING IN LOW VOLTAGE NETWORKS // Universum: технические науки. 2021. №11-6 (92). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problems-of-detecting-single-phase-grounding-in-low-voltage-networks> (дата обращения: 06.01.2022).
10. ILKHOMBЕК KHOLIDDINOV et al . INFLUENCE OF ASYMMETRICAL MODES ON THE VALUE OF ADDITIONAL POWER LOSSES IN LOW-VOLTAGE ELECTRICAL NETWORKS [Электронный ресурс]. URL: osf.io/s3em9.
11. Рахимов Миркамол Фарходжон Угли СОВРЕМЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ УЗБЕКИСТАНА // Universum: технические науки. 2021. №3-4 (84). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennaya-energetika-i-perspektivy-razvitiya-energosisistemy-uzbekistana> (дата обращения: 06.01.2022).
12. Холиддинов И. Х., Туйчиев З. З. АНАЛИЗ РАСЧЕТА СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ В ПРОГРАММЕ MULTISIM //Главный редактор: Ахметов Сайранбек Махсутович, д-р техн. наук; Заместитель главного редактора: Ахмеднабиев Расул Магомедович, канд. техн. наук; Члены редакционной коллегии. – 2021. – С. 11.