

Изменение уровня напряжения в контактной сети

В процессе движения поездов меняется их взаимное расположение на участках, ток нагрузки и скорость поезда, так как каждый из них находится в данный момент на элементе профиля пути, оказывающем свое сопротивление движению. В зависимости от профиля участка одни электровозы могут работать в режиме тяги, другие в режиме рекуперации, т.е. они возвращают энергию в сеть.

Все это вызывает изменение нагрузок тяговых подстанций, а следовательно, и напряжения в электрической цепи от тяговой подстанции до токоприемника каждого электровоза или электропоезда. Так как это напряжение подводится к тяговым двигателям, то его изменение влияет, в свою очередь, на режим работы э. п.с.

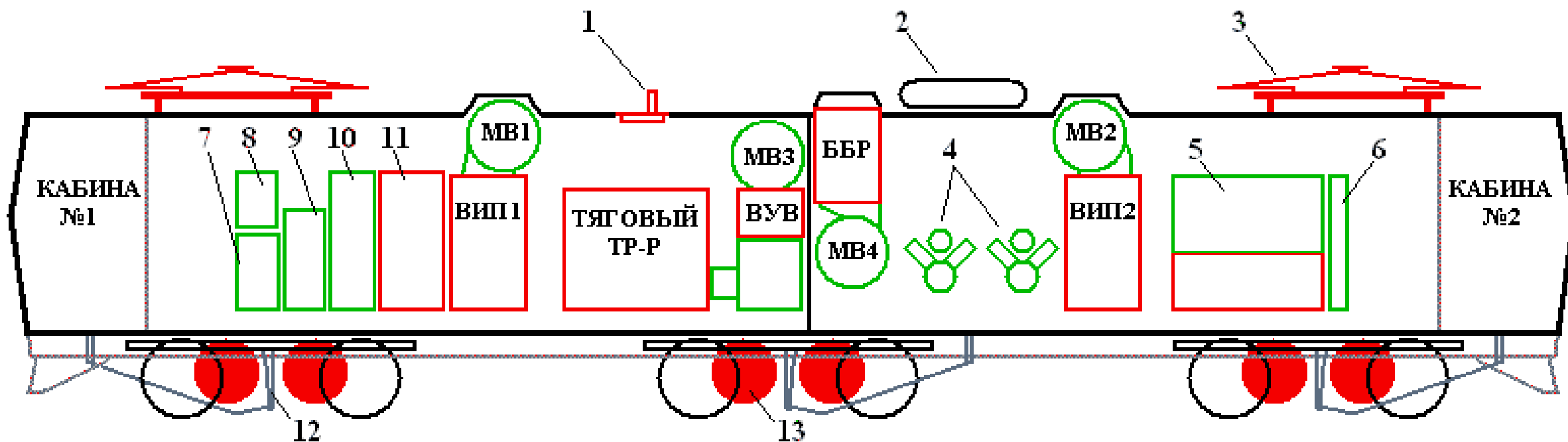
При определении влияния изменения напряжения в контактной сети на скорость движения э.п.с. различают длительные отклонения по времени и кратковременные колебания напряжения.

Изменения напряжения в контактной сети, сохраняющиеся длительное время, в течение которого может измениться скорость движения поезда, называют *отклонениями напряжения*.

Если же эти изменения происходят настолько быстро, что скорость движения поезда в силу его инерции изменится не успевает, говорят о *колебаниях напряжения*.

Уровень напряжения в сети регламентирован требованиями стандартов. Номинальное напряжение на токоприемнике э.п.с. постоянного тока установлено равным 3кВ, переменного тока 25кВ. Наибольшее допустимое напряжение на токоприемнике э. п.с. постоянного тока не должно превышать 3,85кВ (4кВ на участках с рекуперацией энергии), на токоприемнике э.п.с. переменного тока 29кВ. Наименьшее напряжение на дорогах постоянного тока 2,4 кВ, на дорогах переменного тока 19 кВ.

Пониженное напряжение на токоприемнике э. п.с., сохраняющееся длительное время, вызывает пропорциональное снижение скорости движения поезда. Сила тяги э.п.с., определяемая вращающим моментом его тяговых двигателей не зависит от подводимого к ним напряжения. При понижении напряжения скорость движения поезда будет уменьшаться до тех пор, пока снова не наступит равновесие между изменившимся сопротивлением движению поезда и силой тяги. Этому будет соответствовать несколько меньшее значение силы тяги, чем предшествующее моменту понижения напряжения, так как сила сопротивления движению поезда уменьшилась из-за снижения его скорости.



Расположение оборудования на электровозах БЛ65 п ЭП1: 1 - главный выключатель; 2 - главный резервуар; 3 - токоприёмник; 4 - мотор-компенсаторы; 5 - блок силовых и вспомогательных аппаратов; 6 - панель промежуточных реле; 7 - преобразователь частоты и числа фаз; 8 - клеммная панель; 9 - электронный блок управления; 10 - шкаф питания цепей управления; 11 - блок силовых аппаратов; 12 - кронштейн наклонной тяги; 13 - тяговый двигатель. ВП1 -выпрямительно-инверторный преобразователь. ВУВ- выпрямительная установка возбуждения; МВ -мотор-вентилятор; ББР- блок балластных резисторов

Отклонения напряжения в контактной сети существенно влияют также на работу тяговых двигателей и вспомогательных машин э.п.с.

Изоляция обмоток тяговых двигателей рассчитана на работу при определенной температуре, превышение которой ведет к разрушению и пробоем изоляции.

Казалось бы, **при пониженном напряжении в контактной сети** обмотки тяговых двигателей не должны перегреваться. Но надо помнить, что при этом снижается скорость поезда, а значит, увеличивается время его хода по участку. В результате растет время потребления электровозом эл.энергии.

Повышение напряжения в контактной сети облегчает условия работы системы электроснабжения, так как при той же мощности уменьшается ток в контактной сети. В результате на тех же позициях контроллера машиниста скорость электровозов, работающих в режиме тяги, будет более высокой, поскольку она пропорциональна напряжению электропитания. По этой же причине расширяется диапазон максимальных значений тормозных сил при рекуперации.

Вырабатываемая рекуперирующим электровозом энергия может быть использована другими электровозами, работающими в режиме тяги. Однако не в каждый момент времени на участке, где происходит рекуперация, могут быть электровозы, работающие в режиме тяги. При их отсутствии напряжение в контактной сети резко возрастает, из-за чего создается угроза нарушения электрической прочности узлов электровоза и устройств электроснабжения. Поэтому на участках постоянного тока приходится применять специальные установки либо для преобразования, либо для поглощения избыточной энергии рекуперации. Инверторы, установленные с этой целью на тяговых подстанциях, преобразуют постоянный ток рекуперирующих электровозов в переменный, отдаваемый в первичную систему электроснабжения, т.е. в трехфазную сеть. Для поглощения избыточной энергии рекуперации применяют специальные установки, располагая их либо на тяговых подстанциях, либо на перегонах.

Повышенное напряжение в контактной сети вызывает увеличение нагрузки мотор-генераторов. Повышенное напряжение должно уравниваться значением ЭДС тяговых двигателей, работающих при рекуперации генераторами, поэтому машинист должен увеличить частоту вращения возбудителя, что приводит к резкому увеличению мощности, отдаваемой возбудителем в цепь обмоток возбуждения двигателей. На крутых спусках при параллельном соединении их якорей мощность возбудителей возрастает в 2 раза и более. Следовательно, при длительном режиме возникает опасность недопустимого нагрева обмоток двигателя возбудителя.

Если повышенное напряжение в контактной сети сохраняется длительное время, то сначала постепенно увеличивается скорость электровоза, затем снова возрастает его сопротивление движению и устанавливается равновесие силы тяги электровоза и сопротивления движению поезда

Влияние пониженного напряжения в контактной сети на скорость движения поезда ощутимо при подходе к таким подъемам, которые поезд может преодолеть по инерции - при отключенном контроллере - *инерционные подъемы*. При номинальном напряжении в контактной сети поезд, подходя к такому подъему, заранее приобретает (запасает) кинетическую энергию, достаточную для его преодоления без потребления энергии из контактной сети. Если же напряжение в контактной сети оказывается при подходе к подъему пониженным, поезд не успевает к моменту входа на него набрать достаточную кинетическую энергию (напомним, что она пропорциональна квадрату скорости), поэтому под действием возросшего на подъеме сопротивления движению будет в любом случае быстро снижаться скорость поезда; если отключены тяговые двигатели, поезд не сможет преодолеть такой подъем за счет инерции. Машинисту придется включать тяговые двигатели, которые начнут потреблять энергию из контактной сети вместо ее экономии за счет использования кинетической энергии. Это ведет к перерасходу электроэнергии на тягу поезда.

Расчет потерь напряжения и потерь мощности

Потери мощности тяговой сети постоянного тока

где P_{ϕ} – мощность, передаваемая фидерами контактной сети;

P_{Π} – мощность, получаемая поездами.

При одностороннем питании контактной сети мощность, передаваемая фидерами

Мощность, получаемая поездами

где m – число поездов, U – напряжение на шинах ТП, U_k – напряжение на токоприёмнике k -го поезда, I_k – ток k -го поезда.

Потери мощности

Вывод: Потери мощности в контактной сети при одностороннем питании определяются как сумма произведений токов, потребляемых поездами, на потери напряжения до этих поездов.

При двустороннем питании контактной сети

Принимаем

–

Тогда потери мощности

Выводы:

Потеря мощности в контактной сети при разных напряжениях на ТП

определяются как сумма двух составляющих:

- потери мощности при равных напряжениях на ТП $\Delta P =$;
- потери мощности при протекании уравнительного тока $\Delta P = \Delta U_{AB} I_{ур}$