

PCH RUDOLF

Acadêmico Fernando Vicenzi
Professor da disciplina Wilson ischiraha
Faculdade Metropolitana de Rio do Sul – UNIASSELVI/FAMESUL
Curso – Bacharel em Engenharia Elétrica
23/11/2020

RESUMO

Com crescimento desenfreado do planeta cresce a preocupação com a natureza, meio ambiente e geração de energia de fontes renovável, e graças aos aspectos do Brasil que temos em abundancia uma rede hídrica tornando se ideal, somando o relevo favorável de algumas regiões do pais temos a possibilidade de instalação de usinas hidrelétricas PCHs e CGHs, que são ótima opção em energia limpa e renovável, assim torna-se possível crescimento do pais e o crescimento energético com responsabilidade ecológica e ambiental.

Palavras-chave: Artigo científico PCH Rudolf

1 INTRODUÇÃO

Sabemos que vivemos um momento de crise devido a pandemia gerada por um vírus, alguns setores como o agro vem se desenvolvendo mais por causa da crise devido ao aumento do dólar, porem já nas indústrias temos uma situação diferente, de desabastecimento de matéria prima e recessão, mas se espera que tudo isso vai passar em um curto espaço de tempo e teremos uma nova era de crescimento para todos os setores da economia.

Com crescimento da economia sabe-se que a demanda de energia tem que acompanhar este crescimento tanto nas empresas, no agro e em nossas residência, é fato que com este crescimento termos novos postos de trabalho e para isso mais e mais maquinas nas industrias e com estes postos de trabalho, temos um indivíduos com maior poder aquisitivo, que por consequência irão adquirir novos e cada vez mais potentes eletrodomésticos em suas residências.

Informações obtidas no site ONS. Operador nacional do sistema elétrico no Brasil temos que no dia 22 de novembro de 2020 59,1 por cento de toda energia gerada por consequência consumida no Brasil e de proveniência de geração hidráulica e sabemos que estes dados não são maiores por causa da burocracia de liberação das mesmas e os incentivos do governo para energia eólica e solar.

No Alto Vale do Itajaí, onde vivemos temos vários exemplos de geração, solar, a vapor e com maior predominância as hidrelétricas com ênfase na UHE de salto pilão com duas turbinas de

noventa e três megawatt de potência instalada cada, mas com um numero muito maior em se falando de instalações temos as PCHs e CGHs.

Com o intuito de trabalhar neste setor, iniciei minha formação acadêmica nesta área, por estes motivos realizei este artigo direcionado para geração de energia elétrica.

2 DESENVOLVIMENTO

O ser humano a cada dia que passa se reinventa e reinventa o ambiente onde está inserido, e para isso gasta cada vez mais e mais energia elétrica tanto na melhoria de qualidade de vida das pessoas que buscam eletrodomésticos cada vez mais evoluídos que por consequência acabam gastando mais energia por serem mais potentes, um exemplo são os chuveiros elétricos ou resistências nos boilers. Temos a evolução incessante nas industrias que aumentam sua produção diariamente e instalam novas maquinas a todo momento e necessitam de mais e mais energia elétrica.

No decorrer dos dias temos descobertas incríveis em tecnologia em eficiência energética na saúde, na agroindústria e nas indústrias. Mas tudo isso ainda não é suficiente para sanar o aumento desenfreado de energia elétrica, por isso temos que ter um planejamento de aumento da produção de energia em nosso país para evitar um futuro apagão.

2.1 Objetivo geral

Observar e relatar as características de construção e geração de energia elétrica na PCH Rudolf.

2.2 Objetivos específicos

- 1) Descrever potencial elétrico as suas características da PCH Rudolf.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Demonstrarei neste capítulo do artigo sistema de implantação, características e história de PCHs que influenciam direta e indiretamente no dimensionamento e melhor eficiência das pequenas centrais hidrelétricas.

3.1 Usina Hidrelétrica

A vários anos a traz com a intensificação e o aprofundamento dos estudos em eletromagnetismo, se constatou que um material mineral chamado magnetita possuía características especiais, estes minérios produzem um campo magnético que se repelia ou se atraía conforme suas polaridades, a magnetita é minério constituído de oxido de ferro II e III($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), seu formato cristalino isométrico quase sempre possui o formato octaédrico.

Para podermos ter a tecnologia elétrica que temos nossa disposição hoje, foi passado por um grande processo evolutivo, desde da descoberta da magnetita e o campo magnético produzido por ela, apesar que sabemos que a cada dia que passa os pesquisadores vem aperfeiçoando cada vez mais estes componentes que fazem parte deste segmento elétrico.

Desta forma podemos afirmar que a energia elétrica não foi inventada, mas sim descoberta e sua maneira de aproveitá-la foi e será aprimorada cada vez mais através de pesquisas no desenvolvimento de novas formas de aplicação, de sua eficiência e formas de se obtê-la.

Os motores elétricos foram responsáveis pela segunda revolução industrial, sabemos que por volta dos anos de 1760 a 1840 se iniciou a ideia de produção em larga escala e a criação das indústrias com a introdução dos motores impulsionados a vapor, isto revolucionou a forma da produção manufaturada na época, já que naquele período a população vinha crescendo muito e algo necessitava ser feito pois haviam muita demanda e a forma que se eram manufaturado era arcaica e artesanal, porem com o passar dos anos se percebeu que e necessário melhoria continua dos processos, ai então foram implantados os motores elétricos na indústria tornando assim um grande separados de aguas dando inicio a segunda revolução industrial, permitindo novas possibilidades com a inserção da energia elétrica nos parques fabris, criando novos segmentos e novas maneiras de se realizar os processos fabris.

Porem no principio a geração de eletricidade era proveniente da força mecânica que era produzida pelos motores a vapor, porem naquela época existia uma grande dificuldade de se conseguir a matéria prima nas cidades grandes, encarecendo em muito o custo de geração da energia elétrica, surgiu então a necessidade de se buscar novas maneiras mais eficientes e mais econômicas de se conseguir esta força mecânica para movimentar os geradores.

Apesar que historiadores relatam o surgimento da utilização das rodas da agua a mais dois mil anos só em 1730 um estudioso chamado Bernouli publicou os primeiros cálculos na área da força obtida através de um jato da agua, mais tarde em 1750 J.A.Segner desenvolveu a primeira máquina que era movimentada por um jato d'água, em 1754 Euler criou a equação de maquinas e fluxos e somente 1824 C. Burdin demosntrou seu projeto de turbina de reação e propões pela primeira vez o nome turbina, já em 1827 Fourneyron inventa a primeira máquina funcional e mais

tarde 1834 Fourneyron instala primeira usina hidrelétrica com 108 metros de queda, potência instalada de 25 kw e com rotação de 2200 rotações por minutos.

Temos a denominação de pequenas usinas hidrelétricas

PCHs

RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 673, DE 4 DE AGOSTO DE 2015. (...)Art. 2º
Serão considerados empreendimento com características de PCH aqueles empreendimento destinados a autoprodução ou produção independente de energia elétrica, cuja potência seja superior a 3.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW e com área de reservatório de até 13 km², excluindo a calha do leito regular do rio.(
<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015673.pdf> 15/06/2020,15:12)

Em todas as etapas que contemplam a geração de energia em uma hidrelétrica temos a presença de diversos setores da engenharia, como civil, a mecânica, a sanitária, ambiental e a elétrica e juntando todas estas características em um primeiro momento temos:

A captação da água:

A captação da água ocorre através de uma barragem de contenção, esta pode ter a função de somente desviar a água para canal no caso das usinas a fio d'água ou de armazenar uma grande quantidade de água assim auxiliando no aproveitamento das águas das chuvas, neste local temos a presença de sensores de nível, sistema de monitoramento de vigilância, sistema de monitoramento de quantidade de chuva que se precipita no local através pluviômetro, sistema hidráulico para movimentação tanto das comportas de entrada de água no canal quanto movimentação da comporta da vazão sanitária e em vários casos temos um comporta de limpeza do fundo do canal já em seu início, neste momento o sistema hidráulico tem que ter a possibilidade de ser operado manualmente ou através de um motor elétrico que movimenta bomba hidráulica e ainda com auxílio de um gerador.

Canal de adução:

Neste momento temos os cálculos imprescindíveis de deslocamento da água já que se não forem corretos podem ocasionar em turbulência que diminuirá a eficiência das turbinas, podemos ter a possibilidade que o canal não suporte encaminhar a água necessária para que as turbinas trabalhem em potência máxima, temos a interação com a engenharia elétrica em sensores de níveis, nos limpadores das grades quando automatizados tanto na entrada quanto na saída do canal.

Conduto forçado:

Neste momento temos a análise e implementação da teoria de Bernoulli, sabemos que para maior quantidade de energia gerada depende de quantos cavalos de força a turbina entregara ao

gerador, para que isto ocorra são levados em conta diversos aspectos construtivos para que a turbina receba a água com a maior quantidade, qualidade e pressão possível, por isso temos que calcular que a água percorra o conduto mais retilínea possível já que curvas temos perdas de pressão, e de uma forma que não tenhamos turbulência gerada pela velocidade excessiva, assim temos que aproveitar ao máximo as características de relevo nos oferecidas em cada projeto, temos os cálculos das juntas de dilatação e do castelo de evacuação de pressão, estes muito importantes devido o chamado golpe de Ariedes que pode deformar o até mesmo destruir o conduto se não for dimensionado da maneira correta.

Válvula borboleta:

A válvula borboleta é um item de segurança, ela é uma válvula esférica que é acionada quando se é necessário interromper a entrada total de água na turbina, ela é indispensável em um momento de problema já que se houver um vazamento por exemplo ela é acionada e interromperá o fluxo de água, para garantir isto ela é movimentada por um sistema hidráulico em caso de falta de energia temos o gerador, se acaso este não funcionar também temos um sistema mecânico que fechará a válvula através de inversão de gás. Neste momento temos a automação presente no fechamento desta válvula ele controla o tempo que demora este processo para evitar o golpe de Ariedes.

Turbina:

A turbina acaba sendo um dos itens mais importantes da parte mecânica de uma hidrelétrica porque é neste momento em que temos a transformação da energia cinética da água para energia mecânica que será utilizado para impulsionar o gerador, existem diversas nomenclaturas de turbinas hidráulicas, porém elas se destacam em dois grupos as movidas por ação ou reação da água, as turbinas de ação são impulsionadas através de um jato d'água que é incidido direto em seu rotor e temos as turbinas Peltons e suas derivações, já as turbinas de reação a água movimentam o rotor quando ela se desloca através dele, aí temos as turbinas Francis e Kaplan e suas respectivas derivações.

Para sabermos qual turbina optar existem cálculos que demonstram eficiência de foram descritos em um gráfico conforme altura e vazão do local a ser instalado, podemos observar nas figuras 1 e figura 2.

FIGURA 1

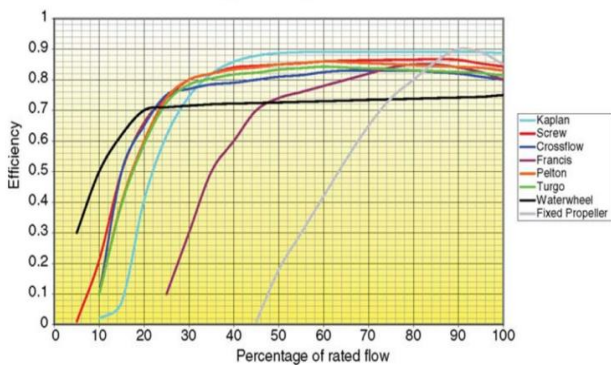
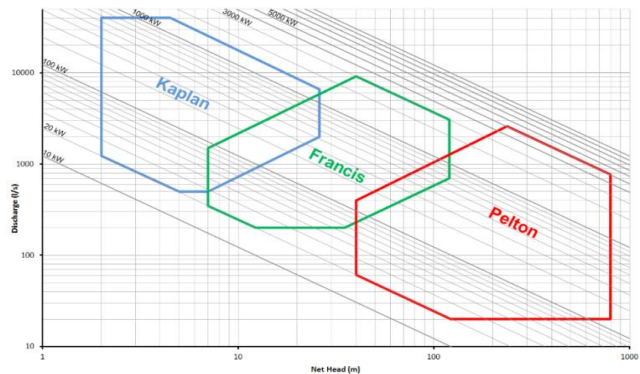


FIGURA 2



<http://hidro.gd/turbina/.22/11/2020,18:10>)

<http://hidro.gd/turbina/.22/11/2020,18:10>)

O rotor foi o item que mais sofreu melhorias em uma hidrelétrica, com o passar dos anos foram se aplicando novos estudos e aperfeiçoamentos em seu aproveitamento de transformação da energia cinética para energia mecânica, porém quando falamos em rotores de reação mais eficiente temos o aparecimento do vilão que é o fenômeno de cavitação, que nada mais é uma contra pressão depois que a água passa pelo rotor gerando um desgaste precoce de todo sistema interno da turbina, para aliviar esta corrosão nos dias atuais é inserido logo atrás do rotor um jato de ar comprimido com intuito de diminuir este fenômeno.

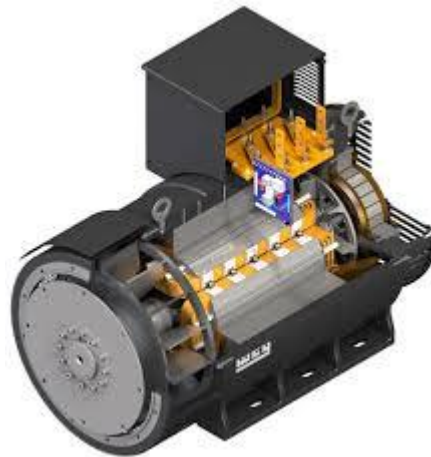
Com levantamento feito pela fabricante de turbinas HISA no local foi optado em instalar uma derivação da turbina Francis, temos na casa de máquinas da usina Rudolf duas turbinas Francis com rotor duplo.

Pontos P1 e P2:

O ponto P1 corresponde a entrada da água antes do conduto, é imprescindível que se tenha cuidado de que se tenha quantidade de água sobre o conduto na câmara de carga cinco vezes maior que o raio do conduto, para evitar a entrada de ar no conduto e assim podendo deformá-lo, este ponto também é utilizado como referência para os cálculos de Bernoulli. É imprescindível que tenhamos uma grade para que evite a entrada de detritos maiores, o espaçamento da grade tem que ser menor do que o espaçamento entre as pás do rotor, assim se passar um objeto maciço como galho não interromperá o processo de geração. O ponto P2 é o ponto em que temos a devolução da água ao rio, é imprescindível que se tenha em mente a maior vazão deca milenar do rio, pois se for construída a ponto de o rio submergir P2 comprometerá a geração até mesmo poderá interrompê-la.

3.2 Gerador

FIGURA 3



<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h5c/h9b/WEG-alternadores-sincronos-linhas-g-plus-e-ag10-50056838-catalogo-portugues.pdf>.18 junho 2020.

Os geradores são o item mais importante de uma usina hidrelétrica, todos os detalhes de construção que foram apresentados até o momento, foram desenvolvidos e calculados com o intuito de entregar mais e de uma forma mais contínua a força mecânica disponível no local de instalação.

É neste momento que temos a conversão de energia mecânica em energia elétrica, através do giro fornecido pela turbina temos movimentação do eixo do gerador assim criando campo magnético no interior do gerador.

O modelo de gerador mais utilizado em usinas hidrelétricas é o modelo gerador síncrono, temos quase um monopólio em se falando de máquinas elétricas gigantes nas usinas.

O gerador síncrono pode ser descrito como o gerador que trabalhe com uma velocidade de rotação constante, assim temos a possibilidade da sincronia com a frequência da tensão elétrica alternada aplicada nos terminais do gerador, em se falando de energia gerada em nosso planeta temos quase um monopólio em relação ao tipo de gerador utilizado que é os geradores síncronos, é importante que em uma instalação hidrelétrica tenhamos mais de um gerador instalado assim é possível que os operadores tenham uma janela de manobras maior possibilitando um maior aproveitamento da água disponível naquele momento, estes geradores possibilitam também a não interrupção da geração se por ventura uma máquina tenha que sofrer manutenção temos a outra para continuar a geração naquele momento. A possibilidade também dependendo do contrato feito da venda da energia podemos ligar o gerador como um motor em casos de sobra de energia assim ele

poderá corrigir o fator de potência da rede em que está inserido, desta forma temos o fator de potencia variando quando a carga do motor síncrono aumenta e a corrente do campo aumentara.

Existem várias derivações de conversores de energia de alta potência girantes, eles são constituídos de duas partes principais bem distintas o rotor e o estator. O roto que faz o movimento girante entre os polos no interior do gerador está montado em um eixo. Com a movimentação do rotor temos o enrolamento criando corrente nos dois sistemas, no estator e no rotor. É neste momento que podemos identificar o fenômeno da lei de Faraday, que com a formação do campo girante resultante de um par magnético positivo e negativo.

No decorrer em que o rotor se desloca girando o fluxo concatenado varia de uma forma senoidal entre os eixos magnéticos das bobinas do estator sempre defasado 120 graus geometricamente em relação ao rotor. Assim quando o rotor tiver uma velocidade angular constate ω temos a lei da indução de Faraday, a tensão induzida na fase “a” será:

$$V_a = E_{\max} \cdot \sin \cdot \omega t$$

Assim a tensão que sera induzida nas demais fases também serão defasados 120 graus eletricamente em relação a fase “a”:

$$V_b = E_{\max} \cdot \sin(\omega t - 120 \text{ graus})$$

$$V_c = E_{\max} \cdot \sin(\omega t + 120 \text{ graus})$$

Desta forma quando se falamos em um gerador trifásico temos suas fases de seu enrolamento defasadas 120 graus geométricos um do outro.

Para obtermos energia em um gerador trifásico temos que excitar o rotor com uma fonte continua externa, formando assim um campo constante no entreferro, a movimentação do rotor é proveniente da força mecânica recebida da turbina, assim temos sua movimentação em relação ao estator.

Com esta movimento girante temos a intensidade do campo magnético transpassa o enrolamento do estator e ira variar no tempo pela lei de Faraday, assim uma tensão induzida nos terminais do enrolamento do estator para corrigir a frequência desejada nos terminais do enrolamento do estator, para que possamos corrigir a frequência temos que variar a velocidade da turbina assim variamos a velocidade do rotor atingindo a frequência desejada.

É imprescindível que cada projeto seja analisado criteriosamente pois com as características do relevo em questão temos uma velocidade e força mecânica diferente em cada local, assim temos

que projetar o gerador para cada projeto, é possível sim fazer o contrario porem não será a forma mais eficiente de aproveitamento do potencial no local.

Existe características da turbina que influenciarão na escolha do tipo do gerador, por exemplo se tivermos uma turbina de regime Ação teremos as peltons e as turbinas a vapor, nestes casos temos a agua sendo injetada direto nas conchas do rotor da pelton assim a característica e de alta rotação e o gerador utilizado nestes casos será o gerador de polos lisos já que em sua construção sua característica é operar em alta velocidade. E nas turbinas de Reação como por exemplo as francis e Kaplan remos como característica uma maior vazão de água e uma menor pressão incidida no rotor assim menor velocidade em seu eixo e optamos por um gerador de polos salientes que tem como característica grande torque e baixa rotação.

Geradores elétricos são máquinas ou dispositivos capazes de transformar algum tipo de energia em energia elétrica. As pilhas, por exemplo, transformam energia química em energia elétrica através de reações de oxirredução entre dois eletrodos (FOGAÇA, 2017).

O fenômeno onde um campo eletromagnético variável é capaz de produzir uma corrente elétrica induzida em um material condutor é o princípio no qual se baseia o funcionamento do gerador (FERREIRA,2017).

Na hora de se optar pelo gerador é imprescindível que se tenha em mente a complexibilidade, pois o gerador tem que ser feito sob medida para o empreendimento em questão por causa da velocidade e que a turbina vai operar assim temos uma configuração da quantidade de polos no interior do gerador destinada, e se não for bem dimensionado pode ate inviabilizar o projeto, pois diminuirá a eficiência e assim menos energia será obtida do processo.

3.3 Painéis

Os painéis elétricos e seus componentes fazem toda a automação de uma usina hidrelétrica, no início quando não havia a tecnologia de automação os operadores tinham que operara manualmente cada componente de regulagem e através de um relógio que lhes fornecia a frequência instantâneas ele abriam ou fechavam manualmente a entrada de agua na turbina mudando sua velocidade e corrigindo e chegando ate a frequência desejada. Nos dias atuais com a inserção dos chamados CLPs os computadores industriais temos um controle preciso de todos os sensores e atuadores e comandos da hidrelétrica, os CLPs são configurados de uma forma que todas as informações que você necessite estejam disponíveis em uma tela chamada de IHM nesta tela é possível a configuração de botões virtuais que possibilitam a partida e operação da máquina com um simples toque de um botão. Uma função muito importante dos CLPs é a possibilidade de uma

parada de emergência caso ocorra qualquer anomalia no sistema, basta programa-lo de acordo com sua necessidade e ele fara o processo com segurança, estas paradas são mais frequentes do que se imagina e temos a certeza da preservação da integridade do sistema.

Com o desenvolvimento em controle de tensão temos a possibilidade de migrar o sistema de excitação do gerador para painéis de controle muito mais precisos, eficientes e minuciosos.

A parte negativa é que nos dias atuais a tecnologia vem evoluindo de tal forma que os fabricantes não disponibilizam os componentes por mais de dez anos, desta forma se vir a danificar depois deste período o fabricante não lhe disponibilizara mais ente componente, obrigando a ser comprado de alguém que fez estoque e superfaturara o produto ou obrigando a substitui-lo por um componente semelhante quando isto for possível.

2.3Subestação

A subestação tem uma função imprescindível nas hidrelétricas, a agencia nacional energia elétrica padronizou o nível de tensão que a usina terá que entregar para as concessionárias, este nível de tensão pode variar de acordo com a potencia produzida e a distância que será percorrida pela linha de transmissão, isto e decorrente pelas percas elétricas na transição em longas distancias, assim pela lei de Ohms quanto maior a tensão menos será a corrente proporcionalmente, desta forma com menor corrente teremos um menor aquecimento nos cabos de condução da energia elétrica e por consequência menos percas, este processo é muito eficiente já que os transformadores quando bem dimensionados e realizados as manutenções periódicas são muito eficiente com pouquíssimas perdas neste processo de elevação.

3.0 Usina PCH Rudolf

No passado a mais ou menos cinquenta anos a traz o antepassado da família Heidrich adquiriu uma propriedade no interior do município de Taió, neste momento surgiu a empresa HIMASA Heidrich indústria mercantil e agrícola, quando se instalou neste município a atividade principal da época era a criação de gado e extração de madeira, com o passar dos anos se deu início a produção de papel tipo couro que a empresa produz ate nos dia de hoje, aproveitando os relevo

acidentado da região a HIMASA passou a utilizar água para movimentar suas máquinas e a instalação de uma das primeiras usinas hidrelétricas da região com peças provenientes da Alemanha.

Com passar dos anos a família aumentou, filhos e netos e a empresa foi dividida entre os herdeiros, e uma destas divisões o senhor Richard Antoni Heidrich fundou uma empresa voltada para geração de energia elétrica a HGE Heidrich geração elétrica, inicialmente com três PCHs. Mas como o foco da empresa e a geração o senhor Richard Antoni Heidrich voltou seus esforços e capital para um projeto audacioso uma PCH com dez megawatts de potência instalada, hoje a terceira maior hidrelétrica do alto vale do Itajaí.

HGE é uma empresa sustentável voltada sempre para o cuidado com meio ambiente e a geração de energia limpa.

Assim neste artigo venho trazer as características de instalação e operação da PCH Rudolf, no local de instalação da usina temos um relevo favorável com desnível de 55,1 metros de desnível entre a turbina e a adução no final do canal de adução e uma vazão de 20 metros cúbicos por segundo em épocas normais, assim de acordo com a teoria de Bernoulli temos uma potência instalada de dez megawatts de potência. Em primeiro momento a usina era para ser construída menor com apenas dois megawatts de potência porém um audacioso projeto de engenharia foi proposto aos proprietários da empresa e possibilitando a ampliação do potencial elétrico para dez megawatts.

A usina foi construída em tempo recorde em somente dois anos, a média para construção de um empreendimento deste porte é de cinco anos, a empresa possuía todo maquinário de terra plangem facilitando e agilizando em muito o processo de construção do empreendimento gerou mais de cem empregos diretos na época da construção, desenvolvimento e contribuindo em toda a região de implantação.

O proprietário optou em construir a usina no formato de Fio D'água, desta forma não existe uma grande lago de armazenamento de água, apesar disso ser um ponto positivo, existe os laudos ambientais que tem custo superior a 600 mil reais toda a desapropriação das propriedades atingidas pelo lago e todo um impacto na vida destas pessoas , devido a estes aspectos se resolveu optar pelo sistema Fio D'água.

FIGURA 4



Fonte: o autor

FIGURA 5



Fonte: o autor

Primeiro processo da geração será a captação de água feita pela barragem que tem a função de desviar a água para dentro do canal como podemos observar na figura 5, também na figura 5 podemos observar a vazão sanitária que é a menor vazão deca milenar já registrada neste rio, assim preservando a vida dos animais que o habitam, temos uma comporta que é movimentada hidráulicamente se houver necessidade de limpeza no local, já na figura 4 podemos observar a entrada do canal vista pela vista da barragem agora temos a comportas que são indispensáveis se houver algum problema no canal os operadores tem possibilidade de interromper o fluxo de água que entra no canal e também tem a função de regular a quantidade de água que entra, pois se por motivos de muitas chuvas o rio superara a vazão de 20 cúbicos de água por segundo assim podendo descartar excesso de água pelo vertedouro da barragem. Neste momento também temos as grades que filtram os galhos maiores impossibilitando-os de adentrarem ao canal, porém não se acumulam nas grades e para a limpeza da mesma temos o limpador grades automatizadas, este setor da barragem tem ligação com a casa de máquinas e é possível operá-lo de lá, porém a energia que o alimenta é da rede da concessionária local, quando a falta de energia os operadores contam com um gerador a diesel, aí os operadores podem manobrar as comportas através de um painel de comando que se encontra no local.

Agora a água está no canal de adução este canal possui seis metros de largura e profundidade que varia de 4 até 9 metros na adução do conduto, o canal é constituído por mil metros de extensão e é dividido por setores, logo que sai da barragem a primeira parte é de concreto conforme figura 6, aí temos uma parte em terra conforme figura 8, mais uma em concreto

conforme figura 7 e a última em terra novamente, para a construção do canal foram adentrado em 25 propriedades sendo elas particulares e de terceiros, foram indenizados 10 metros de cada propriedade de terceiros ao longo do canal, o canal dividiu propriedades e duas estradas gerais e devido a isto foram construídas pontes de concreto e madeira, passarelas de metal e de pedra losa, conforme a necessidade de cada propriedade.

FIGURA 6

FIGURA7

FIGURA8



Fonte: o autor

Fonte: o autor

Fonte: o autor

Na sequência a água é direcionada para o conduto forçado que possui cerca de 2,5 metros de raio e uma extensão de 300 metros, com desnível de 55,1 metros, para esta distância existem juntas de dilatação já que a cada 100 metros de conduto o ferro que ele é constituído chega a dilatar aproximadamente 7 centímetros em relação a temperatura ambiente podemos observar o conduto na figuras 10 e figura 11.

O diâmetro do conduto é calculado para que ele consiga abastecer as turbinas com os 20 mil litros por segundo de uma forma mais retilínea possível para evitar percas e de uma forma a minimizar a turbulência que pode ser gerada pela velocidade excessiva da água.

No conduto temos a presença do castelo que serve para dissipar a pressão gerada pelo golpe de Arietes quando é interrompido o fluxo de água pela válvula esférica borboleta na entrada da turbina.

Na entrada do conduto temos mais uma grade está com espaçamento menor que o espaçamento que a entre as pás da turbina conforme figura 9.

FIGURA 9



Fonte: o autor

FIGURA 10



Fonte: o autor

FIGURA 11



Fonte: o autor

Agora já na casa de máquinas encontramos os dois sistemas antes da turbina, a válvula borboleta e o sistema by-pass, o sistema by-pass é responsável por encher a turbina antes da válvula borboleta ser aberta assim ele equaliza a turbina com a água do conduto, podemos visualizá-lo na figura 12 sobre o conduto, aqui encontramos atuadores e sensores que fazem parte da automação e temos também a válvula borboleta que é responsável por permitir e bloquear a água que chega na turbina, aqui vale salientar a importância do sistema de automação pois em eventual perigo a válvula é fechada automaticamente pelo pistão hidráulico com tempo de fechamento controlado evitando assim o golpe de Arietes que sofrera o conduto, a energia que alimenta a casa de máquinas é proveniente da rede de alta tensão 69 kilowatts e em falta desta alimentação o sistema migra para alimentação local 380 volts fornecida pela concessionária e vale salientar que em falta de energia na casa de máquinas temos um gerador a diesel que fará alimentação da unidade hidráulica e em casos extremos se tudo isso não funcionar a válvula conta com um sistema mecânico movido a gás que fará o fechamento da válvula borboleta. Nestes casos de extrema segurança os sensores serão duplicados para não haver um desligamento da máquina precoce, assim o CLP consulta sempre os dois sensores antes de movimentar os atuadores para paralisar a máquina, podemos identificar a válvula borboleta na figura 12.

FIGURA 12



Fonte: o autor

Neste momento temos a turbina que é responsável por transforma a energia cinética em energia mecânica que será responsável para movimentar o gerador, a água chega na turbina ela é direcionada para o rotor neste momento temos a regulagem da quantidade de água que entra no rotor, assim temos o controle de velocidade, e a automação fara seu trabalho de corrigir a velocidade e assim corrigir possível diferença da frequência, esta correção é feita pelas alhetas direcionadoras.

Na casa de maquinas da usina hidrelétrica Rudolf temos duas turbinas conforme figura 13, a menor com capacidade de 3870 kilowatts de potencia ano de fabricação de 2011, vasão nominal de 7,83 mil litros por segundo e velocidade de trabalho 720 rotações por minutos e foi dimensionada para 55,1 metros de desnível. Já a turbina maior instalada de ano de fabricação 2011, foi projetada para um vasão de 14,98 mil litros por segundo, com a capacidade de gerar 7435 kilowatts, sua velocidade de trabalho é de 514 rotações por minutos e foi projetada para operar com 55,1 metros de desnível. As turbinas foram adquiridas da empresa HISA, hoje integrante do grupo WEG.

Temos dois sofisticados sistema hidráulicos cada turbina, uma é responsável pela lubrificação dos mancais tanto da turbina quanto do gerador e a outra unidade hidráulica é responsável pela movimentação dos pistões que fazem a movimentação das válvulas da turbina.

Para efetuar os cálculos de dimensionamento das turbinas é se levado em conta aconselhamento/obrigação de que a turbina seja dimensionada com a sua capacidade de 50 por cento da curva de volume de água deca milenar fornecida pelo rio.

FIGURA 13



Fonte: o autor

Neste momento temos os geradores síncronos que são responsáveis por transformar a energia mecânica em energia elétrica, podemos observá-los na figura 14, o gerador da turbina menor é um gerador produzido pela empresa AS, ele tem capacidade de produzir 3160 kilowatts, ele tem 3950 KVA, trabalha em uma rotação de 720 RPM ou seja temos um gerador com 10 polos em sua construção, ele gerara com um tensão de 4160 volts e com fator de potência de 0,8, frequência de 60 HTZ e se recomenda instalá-lo em local onde a média da temperatura não ultrapasse os 50 graus Celsius.

Se sua velocidade de operação é de 720 RPM podemos identificar a quantidade de polos que ele foi construído através do cálculo, $(120 \cdot 60) / 720$ teremos o número de polos que é 10 polos.

O outro gerador tem 6592,5 KVA, opera com uma velocidade de 514 rotações por minuto, a uma frequência de 60 HTZ, é aconselhado uma temperatura média de 40 graus Celsius e seu fator de potencia é de 0,8.

Se sua velocidade de operação é de 514 RPM podemos identificar a quantidade de polos que ele foi construído através do cálculo, $(120 \cdot 60) / 514$ teremos o número de polos que é 14 polos.

FIGURA 14



Fonte: o autor

Chegou o momento de efetuar a venda da energia, porém a concessionária exigiu da empresa que fosse entregue energia na subestação no centro do município devido a esta distância a empresa teve que elevar a tensão da energia para evitar as perdas da transmissão em longas distâncias, desta forma se optou por elevar a energia de 4160 volts para 69 mil volts com dois transformadores da marca Blutrafos elevadores e quando a empresa teve que construir uma segunda subestação com transformadores abaixadores para tensão de 28 mil volts para entregar a concessionária, toda esta manobra permite a empresa que não seja doado a rede a concessionária assim quando HGE tiver construído sua próxima usina hidrelétrica ela poderá transmitir a energia da mesma pela mesma linha de transmissão sem custos adicionais podemos visualizar a subestação na figura 15.

Figura 15



Fonte: o autor

Devido ao tamanho do empreendimento a concessionária exigiu que a energia fosse entregue na subestação da concessionária no centro da cidade de Taió, assim se optou por adquirir os postes de metal de uma empresa de Pomerode chamada Tuper, onde os postes foram construídos sob medida de acordo com os cálculos efetuados no relevo do trajeto em que a linha de transmissão percorre até seu destino, esta linha de transmissão é capaz de transmitir a energia gerada a 69 mil volts, podemos visualizar a linha de alta tensão de 69 mil volts na figura 16.

Figura 16



Fonte: o autor

Na sala de comando operadores contam com a melhor tecnologia disponível pela empresa ERZEG de Schroeder em Santa Catarina painéis de comando com CLP e IHM, o sistema todo automatizado e autônomo permite a usina se regular automaticamente, efetuando manobras de abertura de água do canal para aumento fluxo de água, até todos os comandos internos da turbina, pode ser feito na IHM ou remotamente com programa fornecido pela empresa ERZEG, podemos visualizar na figura 17, figura 18 e figura 19.

FIGURA 17



Fonte: o autor

FIGURA 18



Fonte: o autor

FIGURA 19



Fonte: o autor

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando o cenário mundial e brasileiro, percebemos a grande preocupação com energias renováveis, sem a emissão de poluentes, já que indústrias têm crescimento alucinante e poluem cada dia mais e mais, sem contar que o número de pessoas só vem aumentando e com isso com certeza a poluição conseqüentemente aumenta, por isso que devemos voltar nossos esforços para as usinas hidrelétricas a fio d'água, elas geram um impacto mínimo e um benefício para comunidade em que ela está instalada e para o nosso país.

A usina Rudolf é muito jovem podendo assim falar, suas instalações são muito novas, e ela dispõe de muita tecnologia principalmente em sua estrutura elétrica. Observando se observa a casa de máquinas podemos observar que a empresa possui duas turbinas grandes, uma observação seria a indicação de uma terceira turbina com a potência de um a dois mega instalada, assim possibilitaria aos operadores um maior aproveitamento dos recursos hídricos oferecidos pelo relevo em questão. Uma característica construtiva de uma turbina hidrelétrica é que ela perde eficiência com potência inferior a quarenta por cento de sua capacidade operacional, esta terceira turbina viria a auxiliar a produção de energia em épocas de estiagem onde o volume de água disponível pelo rio é muito pequeno.

Meu intuito de ingressar neste curso foi de me aprofundar na área de geração elétrica, ao longo dos cinco anos estudando tive a possibilidade de cursar várias disciplinas ligadas diretamente a este tema em questão, tive também a oportunidade de ter realizado um curso com trinta e cinco horas especificamente falando deste assunto disponibilizado pela empresa WEG, no decorrer do curso tive privilégio de realizar várias visitas técnicas em hidrelétricas e pesquisas na internet, foram essas as fontes oriundas que me deram conhecimento para redigir este artigo.

Meu objetivo foi sempre em aumentar meu conhecimento nesta área específica da engenharia, e depois de ter redigido este arquivo tenho em plena convicção ter alcançado o meu objetivo, porém sabemos que a tecnologia se transforma e se multiplica todos os dias e é preciso sempre uma busca constante deste conhecimento para se tornar um profissional melhor, já que é nesta área que pretendo trabalhar como engenheiro eletricista.

REFERÊNCIAS

<http://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/carga-e-geracao>

Normativa sobre PCH. <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>,15/06/2020 as15:03)

Normativa sobre CGH. <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015673.pdf> 15/06/2020,15:12)

<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h5c/h9b/WEG-alternadores-sincronos-linhas-g-plus-e-ag10-50056838-catalogo-portugues.pdf>.18 junho 2020.

FERREIRA, N. A. A Descoberta da Indução Eletromagnética. Brasil Escola, 2017. Disponível em: . Acesso em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-descoberta-inducao-eletromagnetica.htm>.17/junho/2020.

FOGAÇA, J. Pilhas. Brasil Escola, 2017. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/pilhas.htm>>. Acesso em: 17 junho 2020.

<http://hidro.gd/turbina/>.22/11/2020,18:10)